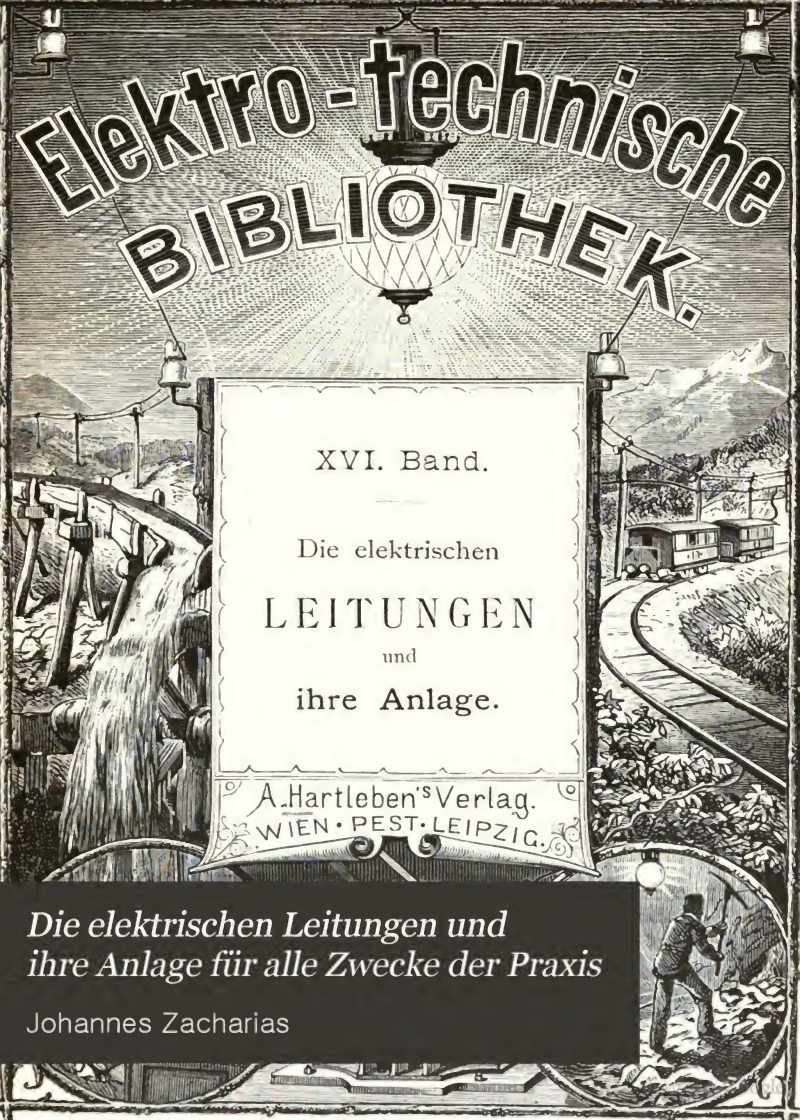


Die elektrischen Leitungen und ihre Anlage für alle Zwecke der Praxis

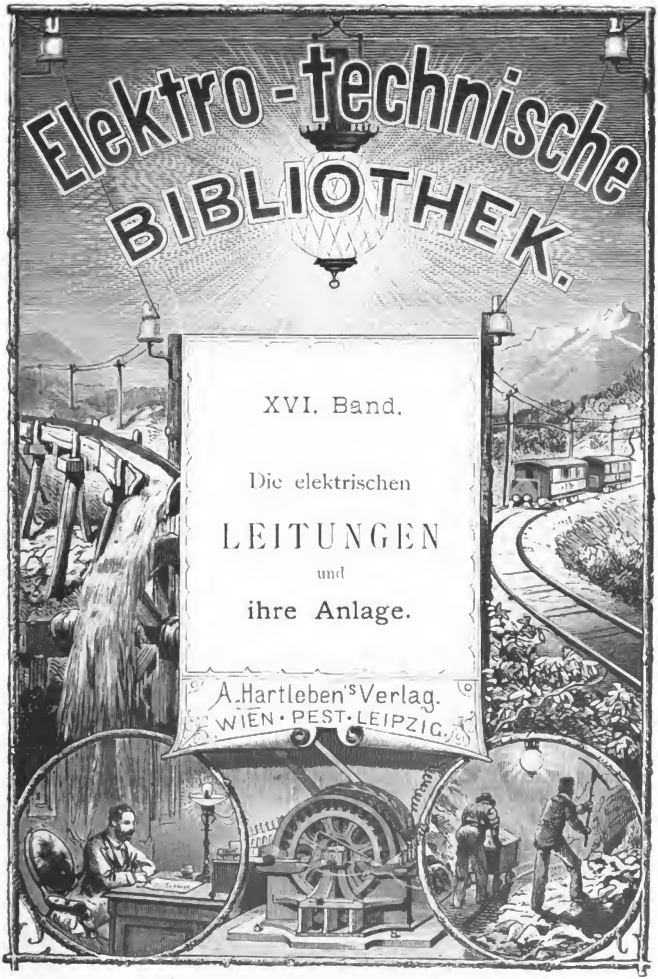
Johannes Zacharias

王

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google



Digitized by Google

Kabellegung zum unterirdischen Telegraphen des Deutschen Reiches. (Nach einem Gemälde von Sell.)

MAR 28 1885

Die

ELEKTRISCHEN LEITUNGEN

und ihre Anlage

für alle Zwecke der Praxis.

Von

J. Zacharias.

Mit 72 Abbildungen.

WIEN, PEST, LEIPZIG.
A. HARTLEBEN'S VERLAG.
1883.

Digitized by Google

D12054
Eng 4878.83 MAR 28 1885

Alle Rechte vorbehalten.

Druck von Friedrich Jasper in Wien.

Digitized by Google

Vorwort.

Der Leitungsbau ist mehrfach schon, wenn auch nur nebensächlich, in der Elektro-techn. Bibliothek besprochen, da er einen integrirenden Bestandtheil der elektrischen Einrichtungen bildet. Es erscheint jedoch nothwendig, diesem so wichtigen Zweige der Elektrotechnik einen besonderen Band zu widmen, schon deshalb, weil der Linienbau nicht in den Rahmen der übrigen Bände passt und auch bei der Wichtigkeit dieses Capitels der Umfang einzelner Bände zu gross geworden wäre.

Den ausgedehntesten Gebrauch von den Leitungen macht die Verkehrstelegraphie, und sie war es auch, welche eine technische Entwicklung des Linienbaues herbeigeführt hat. Der Hauptsache nach soll daher hier zunächst der Telegraphenbau im engeren Sinne und in zweiter Linie der Leitungsbau für besondere Zweige der Technik behandelt werden. Es erscheint dieses umsomehr begründet, als diejenigen Normen, welche für den Telegraphenbau gelten, in den meisten Fällen auch in anderen Gebieten zu beachten sind.

So weit als thunlich sind Wiederholungen aus anderen Werken vermieden worden, andererseits musste auch

Digitized by Google

darauf Rücksicht genommen werden, dass jeder Band ein abgeschlossenes Ganzes bilde.

Das Werk soll den gegenwärtigen Standpunkt dieser Specialtechnik des Leitungsbaues in gedrängter Kürze wiedergeben; es soll ein praktisches Hand- und Nachschlagebuch für den Fachmann bilden, jedoch auch dem Laien eine Information ermöglichen. Eine Anzahl Tabellen und Stromläufe dürften die Brauchbarkeit noch erhöhen.

In Erwägung des Umstandes, dass hier zum ersten Male dieser Stoff in seinem ganzen Umfange zu einem praktischen Hand- und Hilfsbuch verarbeitet ist, und da in Bezug auf die Herstellung von elektrischen Lichtleitungen verhältnissmässig noch wenig Erfahrungen gemacht sind, bitte ich um geneigte Rücksichtnahme. Allen den Herren, welche die Aufstellung der Tabellen so bereitwillig unterstützt haben, sowie der Verlagsbuchhandlung, welche bei Herstellung der zahlreichen Abbildungen und Tabellen namhafte Opfer gebracht hat, sage ich hiermit meinen verbindlichsten Dank.

J. Zacharias.

Digitized by Google

Inhalt.

Seite

Vorwort V

Inhalt VII

Illustrations-Verzeichniss IX

Index XI

Die elektrischen Einheiten XIV

Einleitung 1

I. Material oberirdischer Leitungen.

Telegraphen-Leitungen. — Leitungsdraht. — Unterstützungen. — Isolatoren. — Telephon-Leitungen. — Haustelegraphen-Leitungen. — Leitungen für Beleuchtungszwecke 3

II. Material versenkter Leitungen.

Arten und allgemeine Constructionen der Kabel für telegraphische Zwecke. — Elektrische Canalisation 33

III. Herstellung der oberirdischen Telegraphen-Linien und Leitungen.

Kostenanschläge. — Vorarbeiten. — Bau der Linie. — Herstellung der Drahtleitung. — Reguliren des Durchhanges. — Sicherung des Gestänges. — Berechnung der Festigkeit des Gestänges 37

IV. Herstellung oberirdischer Leitungen für besondere Zwecke.

Fernsprechwesen. — Elektrische Beleuchtung. — Einzel-Bogenlicht. — Theilungslicht. — Glühlicht. — Schutzmassregeln gegen Feuersgefahr 73

V. Herstellung versenkter Telegraphen-Linien.

1. Construction, Herstellung und Prüfung der Kabel: Bestandtheile eines Kabels. — Leitungsmaterial. — Isolirung. — Schutzhülle. — Prüfung der Kabel 94

Digitized by Google

2. Herstellung der unterirdischen Telegraphen-Linien 114
3. Verbindung zweier Kabel-Enden. Prüfung der Löthstellen 119
4. Verlegen der Kabel auf Brücken und in Tunnels 127
5. Schutzvorrichtungen für Kabel gegen Beschädigung durch atmosphärische Entladung . . . 132
6. Verbindung der Kabel mit oberirdischen Leitungen 135
7. Unter Wasser versenkte Telegraphen-Linien . 140

VI. Einführung der Leitungen.
1. Einführung oberirdischer Leitungen 149
2. Einführung versenkter Leitungen 157

VII. Anlage der Erdleitungen 158

VIII. Anlage von Blitzableitungen 172

Anhang.
1. Die periodischen Kabelmessungen 174
2. Beseitigung von Betriebstörungen auf versenkten Leitungen 188
3. Schema für Kostenanschläge 207
4. Uebersicht der Gebrauchsdauer von Telegraphen-Stangen 212
5. Tabelle über Querschnitte und Widerstände von Kupferdrähten 213
6. Phosphor-Bronze und Silicium-Kupferdrähte 215
7. Querschnitte diverser Kabel 219
Beschreibung der Kabel 226
8. Tabelle für die periodischen Kabelmessungen . . . 222
9. Reductions-Tabelle für die Temperatur bei Kabelmessungen 224

Digitized by Google

Illustrations-Verzeichniss.

Fig.		Seite
1.	Eiserne Telegraphen-Säule	15
2.	Gekuppelte Stange	16
3.	Doppelständer	17
4.	Doppelgestänge	17
5.	Mauerbügel	18
6.	»	19
7.	»	20
8.	Grosser Isolator	22
9.	Mittlerer Isolator	23
10.	Kleiner Isolator	23
11.	Isolatoren-Stützen	24
12.	»	24
13.	»	25
14.	Details eiserner Ständer	27
15.	» » Rohrständer	27
16.	Vorrichtung gegen Tönen der Drähte	29
17.	Loch für Telegraphen-Stangen	40
18.	Weite Armirung der Stangen	41
19.	Enge » » »	41
20.	Verstrebung der Stangen	42
20a.	Ankerschraube	43
21.	Löthstelle	44
22.	Froschklemme	46
23.	Oberbund an Isolatoren	49
24.	Seitenbund » »	49
25.	Drahtwinde	50
26.	Abspannung beim Uebergang aus starker in schwache Leitung	51
27a.	Untersuchungs-Station	52
27b.	Spannconsol	52
28.	Festigkeit des Gestänges	58
29.	Festigkeit des Gestänges	61
30.	» » »	61

Digitized by Google

Fig.		Seite
31.	Eisernes Gestänge	75
32.	» »	76
33.	Stütze für Abzweigungen	76
34.	Schaltung für Glühlicht	86
35.	» » »	86
36.	» » »	86
36a.	» » Jablochkoff-Kerzen	92
37.	Querschnitt deutscher Kabel	97
38.	Messung des Widerstandes	103
39.	» der Isolation	105
40.	» » Ladung	110
41.	Prüfung der Löthstellen	125
42.	Kabel-Blitzableiter	133
43.	Ueberführungs-Säule	136
44a.	Ueberführungs-Kasten	138
44b.	»	139
45.	Ueberführungs-Glocke	155
46.	Porzellanrohr	156
47a.	Porzellan-Einführungstrichter	156
47b.	» »	156
48.	Zwillingstrichter	157
49.	Erdleitung mit Bleiplatte	161
50.	» » Coaks	165
51.	» » »	166
52.	» » »	167
53.	» » Netzring	170
54.	» » »	171
55.	Kabel-Messamt	184—185
56—65.	Schaltungen zur Fehlerbestimmung	189—202
66.	Wheatstone'sche Brücke	204
67.	» »	204
68.	» »	205
69.	Querschnitt von Kabeln	219
70.	» » »	219
71.	» » »	219

Titelbild: Kabellegung zum unterirdischen Telegraphen des Deutschen Reiches.

Digitized by Google

Index.

Anker 43.
Anlagekosten der Telegraphen-Leitungen 207.
Arbeiter bei oberirdischen Leitungen 43.
bei unterirdischen Leitungen 114.
Armirung der Stangen 41.
eiserner Träger 76.
Befestigung d. Blitzableitungen 172.
der Erdleitungen 158.
der Kabel am Mauerwerk 142.
der Kabel am Ufer 142.
der Telegraphen-Drähte 49.
Bindedraht 3.
Blitzableiter für Kabel 125.
Blitzableitungen, Anlage derselben 172.
Bodenschluss 150.
Chatterton's Compound, Gebrauch beim Kabellöthen 119.
Condensator, Gebrauch bei Prüfung der Kabel 110.
Constanten bei Kabelprüfungen 183.
Curven in Telegraphen-Linien 71.
Dämpfung des Tönens der Telegraphen-Drähte 29.
Doppelgestänge: Construction, Anwendung 18.
Doppelständer 17.
Draht für Blitzableitungen 172.
für Bogenlicht 83.
für Erdleitungen 133, 158.
für Glühlicht 84.
für oberirdische Telegraphen-Leitungen 3—6, 10.
Ebonitrohre zu Einführungen 149.
Einführungen:
der oberirdischen Leitungen 147.
versenkter Leitungen 157.
Einführungscanäle 150.
Einführungsglocken für Telegraphen-Leitungen 155.
Einführungsrohre 147.
Eisendraht: Festigkeit 6.
Lieferungsbedingungen 5.
Stärke 3.
verzinkter 5.
Erdbohrer, Gebrauch desselben bei Anlage von Erdleitungen 163.
beim Stangensetzen 42.
Erde statt einer Rückleitung 1.
mit Coaksstücken 165.
mit Drahtgeflecht 170.
mit Metallplatten 161.
Erdleitung für Blitzableitungen 172.
für Stangen-Blitzableiter 132.
für Telegraphen-Leitungen 158.
für Telephon-Leitungen 163.
Erdschluss 150.
Erdwiderstand beim Uebergang des elektrischen Stromes aus der Leitung zur Erde 158.
Fernsprechämter, Einführungen in denselben 153.
Fernsprechleitungen:
Anlage der, 73.
Einführung der, 155.
Material zu, 26.
Flaschenzug, Anwendung beim Drahtspannen 46.

Digitized by Google

Froschklemme, Anwendung beim Drahtspannen 46.
Galvanometer nach Thomson bei Prüfung der Kabel 175.
Grösse der Erdplatten 158.
Induction, Beseitigung derselben an Fernsprech-Leitungen 77.
Isolation der Einführungen 149.
der Kabel 34.
der oberirdischen Leitungen 21.
Isolator:
Abnahme und Prüfung 21.
Bunde am, 49.
eiserne Stützen für den, 24.
Leitungswiderstand 25.
Kabel auf Brücken 127.
Auslegen der unterirdischen, 114.
Auslegen der Wasser-, 140.
Bezeichnung der Lage der, 126.
Blitzableiter-, 133.
Fluss-, 140.
Garantie für die Güte, 34.
in Tunnels 128.
Isolations-Widerstand 104.
Ladungs-Capacität 109.
Länge der, 99.
Leitungsvermögen, 101.
-Lichtleitungen 35.
-Löthstellen 119.
Meeres-, 145.
Prüfung der, 100—113.
Schutz der Wasser-, 140.
Schutz gegen Wärme 128.
Ueberführungs-Kasten 138.
Ueberführungs-Säulen 136.
unterirdische, 114.
Untersuchungsbrunnen 118.
zur Einführung bei, 104.
Klemmverbindungen bei Kabeln 126.
Ladung der Kabel 109.
Länge der Lichtleitungen 32, 83.
Leitungsdraht:
Anforderungen an den, 10.
aus Eisen, 3—7.
aus Kupfer 213.
aus Silicium-Kupfer 220.
Durchhang des, 48.
Durchmesser des, 3, 213.
Eis- und Schnee-Ablagerung 60.
-Festigkeit 6.
Leitungswiderstand des, 8.
-Querschnitt 213.
Spannungstabelle des, 48.
Leitungsfähigkeit der Metalle 8.
Löthseife 44.
Löthstelle:
bei Eisendrähten 44.
bei Landkabeln 120.
bei Wasserkabeln 144.
Prüfung der, 124.
Mauerbügel:
Construction 18—20.
Muffen zum Schutze der Kabel 144.
Nebenschliessung 150.
Oberirdische Leitungen:
Herstellung der 73—93.
Material dazu, 3—32.
Pfeilhöhe des Durchhanges 48.
Präpariren des Holzes:
durch Auslaugen 12.
durch Imprägniren 13.
Reflex-Galvanometer 175.
Anwendung bei Prüfung der Kabel 103.
Schaltungen für Glühlicht 85.
für Jablochkoff-Kerzen 92.
Schlackenwolle zum Schutze der Kabel gegen Wärme 128.
Schutz der Eisendrähte gegen Rost 5.
vor Feuersgefahr bei Licht-Leitungen 89.
vor Lebensgefahr bei Licht-Leitungen 89.
Shunt am Galvanometer 175.
Spannweite 48.
Specifischer Widerstand 8.
Spiegel-Instrument 175.
Stahldraht 30.

Digitized by Google

Stangen:
Abspannstange 51.
Auslaugen der, 12.
Berechnung der Festigkeit der 56—72.
Dauer der, 212.
-Dimensionen 11.
Doppel-, 17.
eiserne, 13.
Festigkeit der, 69.
Länge der, 11.
Lieferungsbedingungen 11.
-Löcher 40.
Numeriren der, 53.
Schutz der, 53.
Tiefe der, 40.
-Verankerung 73.
-Verstrebung 72.
-Blitzableiter 133.
Stärke der Drähte 3.
für Blitzableitungen 72.
für Erdleitungen 133, 158.
für Glühlicht 84—85.
für Telegraphen-Leitungen 3.
für Telephon-Leitungen 30.
für Theilungslichter 83.
Strebe, Befestigung, 72.
Festigkeit, 72.
Stromverlust in Lichtleitungen 84.
Stützen der Isolatoren 24.
Telegraphen-Leitungen 39.
Anlage oberirdischer, 37—72.
Anlage versenkter, 114—148.
aus Silicium-Kupfer 30, 220.
aus verzinktem Eisendraht 3.
für Fernsprechwesen 30.
für Haustelegraphie 93.
für Verkehrstelegraphie 3.
oberirdische, 37—72.
Reguliren der, 48.
Spannung der, 46.
Tabelle zur Spannung von, 48.
versenkte, 114—148.
Wirkung mangelhafter, 150.
Telegraphen-Linien:
Abpfählen 39.
Abstecken 40.
am Meeresstrande 54.
auf Brücken 127.
Bau der oberirdischen, 37—72.
Bau der unterirdischen, 114—148.
durch Sanddünen 54.
durch Tunnels 128.
im Hochgebirge 55.
in Städten 14.
Telephon-Leitungen:
auf den Dächern 80.
Einführung der, 153—155.
Induction in, 77.
Theilungslicht-Leitungen 83.
Thomson's Galvanometer bei Prüfung der Kabel 175.
Tunnelkabel im St. Gotthard 129 bis 131.
Tunnel-Passage 128.
Unterirdische Leitungen 94—127.
Untersuchungs-Stationen:
in oberirdischen Leitungen 52.
in unterirdischen Leitungen 126.
Vorschriften für Anlage von Licht-Leitungen 89.
Wadelzeit 12.
Wanddurchführung 149.
Wheatstone'sche Schleife 204
Widerstand
des Eisendrahtes 8.
der Erdleitungen 163.
des Gestänges 56—72.
des Kupferdrahtes 213.
der Metalle 8.
Winddruck 72.
Zweigwiderstand am Spiegel-Galvanometer 177.

Digitized by Google

Elektrische Einheiten.

Mass-Einheiten, welche zu elektrischen Messungen dienen

I. Die absoluten oder C. G. S. (Centimeter-Gramm-Secunde-) Einheiten.

1. Längeneinheit: 1 Centimeter.

2. Zeiteinheit: 1 Secunde.

3. Krafteinheit. Die Krafteinheit ist diejenige Kraft, welche für eine Secunde lang auf eine frei bewegliche Masse von dem Gewichte eines Grammes wirkend, dieser Masse eine Geschwindigkeit von 1 Centimeter per Secunde verleiht.

4. Die Arbeitseinheit ist die Arbeit, welche von der Krafteinheit verrichtet wird, wenn dieselbe die Entfernung von 1 Centimeter zurücklegt. Diese Einheit ist in Paris = 0·00101915 Centimeter-Gramm, oder mit andern Worten, um das Gewicht eines Grammes einen Centimeter hoch zu heben, sind 980.868 Krafteinheiten nöthig.

5. Die Einheit der elektrischen Quantität ist diejenige Quantität von Elektricität, welche auf eine gleich grosse Quantität, die einen Centimeter weit entfernt ist, eine Kraft gleich der Krafteinheit ausübt.

6. Die Einheit des Potentials oder der elektromotorischen Kraft existirt zwischen zwei Punkten, wenn die Einheit der elektrischen Quantität bei ihrer Bewegung von dem einen Punkte zum andern die Krafteinheit gebraucht, um die elektrische Abstossung zu überwinden.

7. Die Widerstandseinheit ist die Einheit, welche nur einer Quantitätseinheit den Uebergang zwischen zwei Punkten, zwischen welchen die Potentialeinheit existirt, in einer Secunde gestattet.

Digitized by Google

II. Die sogenannten praktischen Einheiten für elektrische Messungen.

1. Weber, Einheit der magnetischen Quantität $= 10^8$ C. G. S. Einheiten
2. Ohm [1] » des Widerstandes $= 10^9$ » »
3. Volt [2] » der elektromotor. Kraft $= 10^8$ » »
4. Ampère [3] » » Stromstärke $= 10^{-1}$ » »
5. Coulomb [4] » » Quantität $= 10^{-1}$ » »
6. Watt [5] » » Kraft $= 10^7$ » »
7. Farad » » Capacität $= 10^{-9}$ » »

[1] 1 Ohm ist gleich 1·0493 Siem. Einh. und etwa gleich dem Widerstande von 48·5 Meter reinen Kupferdrahtes von einem Durchmesser von 1 Mm. bei einer Temperatur von 0° Celsius.

[2] Ein Volt ist 5—10% weniger als die elektromotorische Kraft eines Daniell'schen Elementes.

[3] Der Strom, welcher durch die elektromotorische Krafteinheit, die Widerstandseinheit in einer Secunde zu durchfliessen im Stande ist, ist = 1 Amp.

[4] Coulomb heisst jene Quantität der Elektricität, welche per Secunde ein Ampère giebt.

[5] 1 Watt = Ampère × Volt. 1 H. P. (horse power) $= \frac{\text{Amp.} \times \text{Volt}}{746}$

1 Cheval de vapeur $= \frac{\text{Amp.} \times \text{Volt.}}{735.} =$ P. S. (Pferdestärke.)

Widerstandseinheiten.*)

Name der Einheit	CS—1	Ohm	Siemens	Deutsche Meile Draht 4 mm.	Franz. Meile Draht 7mm.	Engl. Meile Kupferdr. 1·6 mm.
CS—1	1	10^{-9}	$1{,}05 \cdot 10^{-9}$	$18 \cdot 10^{-12}$	$105 \cdot 10^{-12}$	$74 \cdot 10^{12}$
Ohm	10^9	1	1,05	0,018	0,105	0,074
Siemens	$95 \cdot 10^7$	0,95	1	0,017	0,1	0,071
Deutsche Meile	$57 \cdot 10^9$	57	60	1	6	4,26
Franz. Meile	$95 \cdot 10^8$	9,5	10	0,17	1	0,71
Engl. Meile	$13414 \cdot 10^6$	13,414	14,12	0,235	1,41	1

Stromeinheiten.*)

Name der Einheit	CGS	Ampère	Daniell-Siemens	Jacobi per Min.	Silber mg per Min.	Kupfer mg. per Min.
CGS	1	10	8·5	105·2	676·5	198·6
Ampère	0·1	1	0·85	10·52	67·65	19·86
Daniell:Siemens	0·117	1·17	1	12·31	78·95	23·23
Jacobi	0·958	0·095	0·082	1	6·4	1·89
Silber mg	0·148	0·015	0·013	0·156	1	0·294
Kupfer mg	0·502	0·05	0.043	0·529	3·41	1·

*) Uppenborn, IV. B. 7.

Digitized by Google

Ausser den von W. Thomson vorgeschlagenen und vom Pariser Congress angenommenen Centimeter-Gramm-Secunde — (C.G.S.)Einheiten stehen noch im Gebrauch: die von der British Association (B. A.) benützten Meter-Gramm-Secunde (M. G. S.) Einheiten und die von Gauss-Weber angegebenen Millimeter-Milligramm-Secunde (M. M. S.) Einheiten; wir bringen nachstehend eine übersichtliche Zusammenstellung, welche auch die Unterabtheilungen enthält.

Bezeichnung der elektrischen Masseinheiten.	C.G.S.	M.G.S.	M.M.S.	Willkürl. E.
Widerstand.				
Megohm	10^{15}	10^{13}	10^{16}	
Ohm	10^{9}	10^{7}	10^{10}	1.0493 S. E.
Mikrohm	10^{3}	10	10^{4}	
Elektromotorische Kraft.				
Megavolt	10^{14}	10^{11}	10^{17}	
Volt (Volta)	10^{8}	10^{5}	10^{11}	0·9 D. E.
Mikrovolt	10^{2}	10^{-1}	10^{4}	
Stromstärke.				
Megoampère	10^{5}	10^{4}	10^{7}	
Ampère Farad per Secunde .	10^{-1}	10^{-2}	10	10·52 Jacobi E.
Mikroampère	10^{-7}	10^{-8}	10^{-5}	
Capacität.				
Farad (Faraday)	10^{-9}	10^{-7}	10^{-10}	
Mikrofarad	10^{-15}	10^{-13}	10^{-16}	

Digitized by Google

Einleitung.

Von einem regelrechten Leitungsbau kann wohl erst die Rede sein, seit Steinheil im Jahre 1837 den zweiten, bisher benützten Draht durch eine Erdleitung an jedem Ende ersetzte.

Lange betrachtete man die Sache so, als ob die Erde eine Rückleitung bildete, später als ob sie ein Reservoir wäre, das den Strom aufnähme.

Die ersten Vorschläge zu einer oberirdischen Telegraphen-Leitung sind in den Jahren 1746—1774 von Winkler, Watson und Le Monnier gemacht worden, während die erste Ausführung eines Leitungsbaues 1833 in Göttingen geschah. 1846 wurde von Berlin nach Potsdam die erste Linie dem öffentlichen Betriebe übergeben. Auf derselben machte man auch die ersten Versuche mit zwei Morse-Systemen, welche Robinson aus Amerika mitgebracht hatte.

In England begann man 1840, in Amerika 1844 Telegraphen-Leitungen anzulegen; desgleichen führte die Taunusbahn in demselben Jahre eine Linie mit nur einem Drahte aus. In Frankreich war die Linie Rouen—Paris im Jahre 1845 die erste und in Russland von Zarskoe-

Digitized by Google

Selo nach Petersburg 1844, während Oesterreich 1846 die erste Linie von Brünn nach Wien baute. Es folgten dann die übrigen Staaten Europas bald nach, zuletzt Portugal 1857.

Für unterirdische Leitungen sind die ersten Vorschläge nach Angaben von Zetzsche im Jahre 1774 gemacht worden, während eine unter Wasser zu versenkende Leitung Sömmering 1809 schon vorschlug. Ueber die Legung des ersten unterseeischen Telegraphenkabels im Jahre 1850 zwischen Frankreich und England berichtet Moigno.*)

Mit einem wahren Enthusiasmus beschreibt er diese grosse Errungenschaft jener Zeit und weist darauf hin, dass es nun nicht mehr lange dauern würde bis zur Verbindung des Continents von Europa mit dem von Amerika; was jedoch erst 1866 dauernd gelungen ist, nachdem die ersten Versuche 1857 begonnen hatten.

Es würde den Rahmen dieses Bandes bei Weitem überschreiten, wenn ich die geschichtliche Entwicklung des Telegraphenbaues hier in voller Ausführlichkeit bringen wollte, und muss daher sowohl auf den V. und VI. Band dieser Bibliothek, als auch auf die Werke von Zetzsche, Schellen und Buchholtz verwiesen werden. Zweck und Ziel dieses Bandes können eben nur die Darstellung des heutigen Standpunktes des Leitungsbaues sein.

*) Derselbe sagt unter anderem in seinem Werke »Traité de télégraphie«: »Au moment du départ pour Londres du duc de Wellington, le courant électrique parti de Calais, mit le feu à l'un des canons du rempart de Douvres, et lança au loin dans la mer un boulet de 48.«

Digitized by Google

I.

Das Material oberirdischer Telegraphen-Leitungen.

Eine oberirdische Telegraphen-Leitung wird gebildet aus dem Elektricitätsleiter (der Drahtleitung, die stets aus Metall besteht), aus den Unterstützungen des Drahtes (Stangen und Trägern verschiedener Form und verschiedenen Materials), aus den Isolations-Vorrichtungen (meist aus Porzellan) und deren Unterstützungen.

Der Telegraphen-Draht.

Das hauptsächlichste Material, welches man jetzt für oberirdische Telegraphen-Leitungen verwendet, ist verzinkter Eisendraht und zwar in folgenden Stärken zu den daneben genannten Zwecken:

zur Hauptleitung	5·0 Mm.
» »	4·5 »
» »	4·0 »
» »	3·0 »
zu Abzweigungen und Uebergängen	2·5 »
Bindedraht	2·0 »
Wickeldraht	1·7 »

Digitized by Google

Diese Stärken dürfen nur um 0·1 Mm. differiren. Der Querschnitt muss kreisrund sein, und als Rohmaterial ist nur bestes Schmiedeeisen zu verwenden.

Da man von dem Drahte nicht allein eine hinreichende Leitungsfähigkeit, sondern auch eine gewisse absolute Festigkeit verlangt, so verwendet man statt des anfangs gebrauchten Kupferdrahtes jetzt allgemein den auch sehr viel billigeren Eisendraht, seltener Stahldraht oder Draht aus anderen Metallen, wie wir später sehen werden. Die Fabrikation der oben aufgeführten Drahtsorten ist in den verschiedenen Fabriken eine sehr verschiedene. Der grösste Theil des gesammten Bedarfes an Telegraphen-Draht wird in Westphalen, speciell in Hamm gefertigt, und wollen wir kurz die dort gebräuchliche Herstellungsmethode betrachten.

Die zur Fabrikation nöthigen Roheisensorten werden auf das sorgfältigste ausgewählt, da das Eisen wenig Kohlenstoff enthalten und von Schwefel und Phosphor möglichst frei sein soll.

Mit solchem Rohmaterial werden die Puddelöfen in Mengen von ca. 250 Kgr. beschickt. Nach dem Schmelzen und Garen des Roheisens hebt man die Charge in 40—50 Kgr. schweren Luppen heraus und bringt sie unter den Dampfhammer, um die lose Eisenmasse zu vereinigen und die Schlacken herauszupressen. In noch glühendem Zustande gelangen dann die rohen Eisencylinder in die Luppenwalze, und die Kaliberwalzen stellen 4—5 Cm. starke vierkantige Stäbe her.

Hierauf zerbricht man die Stäbe in kürzere »Knüppel« und sortirt sie nach der Bruchfläche für die verschiedenen Drahtsorten.

Digitized by Google

In dem Schweissofen, durch die Vorwalze und Fertigwalze werden die Knüppel zu Drähten von 5—7 Mm. Stärke und 100 Mtr. Länge ausgestreckt.

Nachdem dieselben vom Glühspan durch Behandlung mit Schwefelsäure und Kalkwasser befreit und auf Polterbänken metallisch blank gewaschen sind, gelangt der Draht in die Zieherei. Hier wird er im Zieheisen kalt auf die erforderliche Stärke ausgezogen; jedoch ist ein öfteres Ausglühen in verschlossenen Glühcylindern, Beizen und Waschen erforderlich, damit die Structur nicht leidet.

Früher schützte man den Draht vor dem Rosten durch Leinölüberzug, jetzt wird er allgemein in einem heissen Zinkbade durch Bestreichen mit Löthwasser und Hindurchziehen im Schmelztiegel verzinkt, eine Manipulation, die grosse Sorgfalt erfordert.*)

Das Verzinken des Drahtes erleichtert das Zusammenlöthen der Enden, die Löthung wird vollkommener; auch bei provisorischen Verbindungen ist der Contact sicherer als bei leichtrostendem, blankem Eisendrahte. Da Zink besser leitet als Eisen, so hat ein gleich starker unverzinkter Eisendraht 9% mehr Widerstand als der verzinkte (s. Compendium der elektrischen Telegraphie von L. Weidenbach § 84).

Der Draht soll eine glatte Oberfläche, eine faserige, nicht körnige Bruchfläche und einen gleichmässigen, gut haftenden Zinküberzug haben.

In Bezug auf seine Zähigkeit wird ersterer folgender Probe unterworfen: ein Stück Draht, an beiden Enden

*) Ausführliches hierüber giebt Zetzsche's Handbuch Bd. III, S. 6—10.

Digitized by Google

mit freier Länge von 15 Cm. eingeklemmt, soll bei 15 Umdrehungen in 10 Secunden, folgende Torsionen bis zum Bruch ertragen:

5	Mm.	Draht	12	Torsionen, *)
4·0	»	»	14	»
3·0	»	»	17	»
2·5	»	»	18	»
2·0	»			

Der Zinküberzug wird in folgender Weise geprüft: es muss der Draht von

5	Mm.	5	spiralige	Windungen
4	»	6	»	»
3	»	7	»	»
2·5	»	8	»	»

um einen gleich starken Draht auf 15 Cm. Länge des umwundenen Drahtes ertragen. Hierbei darf der Zinküberzug weder reissen, noch abblättern.

Eine andere Prüfung geschieht durch Eintauchen des Drahtes in eine Lösung von 1 Theil Kupfervitriol in 5 Theilen Wasser. Bei 7 Eintauchungen von je einer Minute Dauer soll sich kein zusammenhängender Kupferniederschlag bilden.

Die absolute Festigkeit soll bei 4000 Kgr. pro Qu.-Cm. Querschnitt betragen für den Draht von:

5	Mm.	785	Kgr.
4·5	»	643	»
4	»	502	»
3·0	»	282	»
2·5	»	196	»

*) Telegraphenbau-Ordnung für das Reichs-Telegraphengebiet. Berlin 1876.

Digitized by Google

2·0 Mm. 125 Kgr.
1·7 » 70 »
1·0 » 30 »

Das Gewicht der einzelnen Drahtadern soll sein, für:

5 Mm. 17 Kgr.
4 » 15 »
3 » 10 »
2·5 » 9 »

In dieser Länge dürfen sich weder Schweiss- noch Löthstellen befinden, auch soll das Gewicht nicht um mehr als 12% leichter sein. Die Adern sind in Bunden von 50—75 Kgr. zu liefern. Dieselben werden mit fortlaufender Nummer und der Gewichtsangabe auf einer angebundenen Tafel versehen.

Der Leitungswiderstand des Telegraphendrahtes beträgt im allgemeinen bei 15° C. für

		für 1 Km.		für 1 mtr.
5	Mm. =	7	S.-E. =	0·007 S.-E.
4	» =	11	» =	0·011 »
2·5	» =	26·5	» =	0·0265 »

Gussstahldraht von 2·2 Mm. Stärke hat 54·7 S.-E. per Km.

Das specifische Leitungsvermögen für Eisen ist = 7·84, wenn das von Quecksilber = 1 gesetzt wird. Für andere Metalle gilt nachstehende Tabelle:

Metall	specifische Leitungsfähigkeit
Silber	63·7
Kupfer	56·2
Gold	43·5
Aluminium	30·9

Digitized by Google

Metall	Specifische Leitungsfähigkeit
Magnesium	22·8
Zink	16·8
Cadmium	14·1
Messing	13·9
Stahl	8·69
Zinn	8·24
Aluminiumbronze	8·03
Eisen	7·84
Platin	6·09
Blei	4·83
Neusilber	3·61
Quecksilber	1·00

Der Widerstand eines Drahtes berechnet sich nach obiger Tabelle aus der Formel

$$w = \frac{1}{k} \cdot \frac{l}{q},$$

worin l = Länge in Metern, q = Querschnitt in Quadrat-Millimetern und k = der specifischen Leitungsfähigkeit ist und zwar erhält man den Widerstand in S.-E. (siehe Zetzsche's Handbuch Bd. II, S. 161).

Setzt man Kupfer = 1, so ist nach Merling

Kupfer	= 1
Silber	= 0·67
Stahl	= 1·30
Eisen	= 5·66
Platin	= 6·44
Blei	= 9·70
Neusilber	= 11·54
Quecksilber	= 49·49

Digitized by Google

Nimmt man als Normaldraht einen Kupferdraht von 1 Mtr. Länge und 1 Qu.-Mm. Querschnitt, so ist die reducirte Länge =

$$\frac{L}{r^2 \pi}$$

und der Widerstand eines anderen Metalldrahtes =

$$\frac{L. \text{ spec. Widerstand}}{r^2 \pi}$$

in Kupfereinheiten.

Da die Daten über die Widerstände sehr von einander abweichen, so mögen noch die Angaben von Weidenbach hier Platz finden:

Metalle mittlere Temperatur	Mittlere relative Leitungsfähigkeit = f	Mittlerer specifischer Widerstand = r
Silber	1	1
Kupfer (0·72—0·89—0·92)	0·72	1·39
Gold	0·55	1·82
Zink	0·28	3·57
Messing	0·25	4·00
Zinn	0·15	6·65
Eisen (0·12—0·1444)	0·144	6·95
Platin (0·105—0·145)	0·105	9·52
Blei (0·078—0·090)	0·08	12·50
Neusilber (0·06—0·03)	0·072	1398
Quecksilber	0·016	62·55

für das gleiche Metall ist $f = \frac{1}{r}$ und $r = \frac{1}{f}$.

Der thatsächliche Leitungswiderstand l einer Leitung ist, wenn I den Isolationswiderstand und w den

Digitized by Google

gemessenen Widerstand darstellt, zu berechnen aus:

$$l = 2\,I - (\sqrt{I\ (I-w)})$$

Der Isolationswiderstand wird später behandelt werden.

Die Hauptanforderungen, welche man im allgemeinen an jeden Leitungsdraht zu stellen hat, lassen sich demnach wie folgt zusammenfassen: Grösste Festigkeit, genügende Biegsamkeit, möglichst geringes Gewicht, geringer Leitungswiderstand und möglichst lange Dauer.

Tabellarisch sind die Anforderungen an den Draht wie folgt zusammengestellt:

Durchmesser in Millimetern			Gewicht eines Kilometers in Kgr.	Gewicht einer Ader in Kgr.	Minimum der absoluten Festigkeit für Normalstärke in Kgr.	Minimalzahl der Torsionen bei 15 Cm. freier Länge	Maximalwiderstand in S.-E. eines Km. bei Normalgewicht und 15° C.
Normal	Minimal	Maximal					
5	4·9	5·1	158	17	785	12	7·0
4·5	4·4	4·6	122	16	643	13	9·0
4	3·9	4·1	100	16	502	14	11·0
3	2·9	3·1	57	10	282	17	—
2·5	2·4	2·6	40	9	196		28·0
2·0	1·9	2·1	—	—	125	18	
1·5	1·4	1·6	—	—	—		—

Der Binde- und Wickeldraht muss die analogen Eigenschaften wie der Leitungsdraht haben und wird in den üblichen Fabriklängen geliefert.

Digitized by Google

Die Unterstützungen.

Als Unterstützungen für die Anlage von Linien dienen jetzt vorzüglich hölzerne, in Ausnahmefällen auch eiserne Säulen. Nicht allein der geringe Preis, sondern auch besonders die isolirenden Eigenschaften des Holzes sind für dessen ausgedehnte Verwendung massgebend. Die schwere Handhabung eiserner Säulen kommt wohl erst in letzter Linie in Betracht.

Die hölzernen Säulen.

Von den verschiedenen Hölzern verwendet man am meisten die Kiefer (pinus sylvestris) und die Fichte (pinus abies), weniger die Eiche und Edeltanne. Am geeignetsten ist die Lärche, welche jedoch in unseren Gegenden zu wenig vorkommt, um allgemein verwendet werden zu können.

Die Telegraphenstangen werden hauptsächlich in drei verschiedenen Längen gebraucht und zwar zu: 7·0 Mtr., 8·5 Mtr., 10·0 Mtr.

Die Zopfstärke soll nicht unter 15 Cm., bei Nebenlinien 12 Cm. betragen.

Jede Stange muss aus einem ganz geraden, vollkommen gesunden Stamme bestehen und eine durch die Zopfstärke bedingte Stärke des natürlichen Wuchses am Stammende haben. Die Abmessungen sollen in der Stärke nicht mehr als 8 Mm., in der Länge nicht mehr als 80 Mm. differiren. Jede Stange muss das wirkliche Stammende des Baumes sein.

Die Stangen müssen sauber abgeschält und die Aststellen glatt behobelt sein. Stangen, welche Risse,

Digitized by Google

Spalten, Astlöcher oder sonstige Fehler haben, werden nicht abgenommen. Jede Stange ist am Zopfende nach zwei Seiten sattelförmig abzuschneiden und am Stammende im stumpfen Kegel anzuspitzen.

Die Hölzer müssen in der letzten Wadelzeit (November bis März) gefällt sein.

Nach Versuchen des Baumeisters Herrn Custodis in Düsseldorf*) (im Centralblatt der Bauverwaltung mitgetheilt), ist es ganz gleichgiltig, zu welcher Zeit das Holz gefällt wird; es muss nur richtig behandelt werden, um grosse Widerstandsfähigkeit und Brauchbarkeit zu erhalten. Derselbe giebt folgende Anweisung:

Man schäle das frischgefällte Holz sofort, bringe es dann gleich oder doch sobald als irgend möglich ins Wasser und erneuere das letztere, so oft dies rationell — etwa durch Zu- und Ablassen eines fliessenden Wassers — möglich ist. Das Holz trocknet, nachdem es ein halbes Jahr oder noch länger — je länger, um so besser — ausgelaugt worden, in der Luft ohne Zuhilfenahme von Trockendarren sehr schnell aus und ist bei der Bearbeitung völlig »zugfrei«. Das ausgelaugte Holz wird viel härter und demnach auch bedeutend widerstandsfähiger.

Gegen Fäulniss werden die Stangen imprägnirt, das heisst, der zwischen den Fasern befindliche Pflanzensaft wird entweder durch Trocknen zerstört und durch kreosothaltiges Theeröl oder Zinkvitriol ersetzt, oder man

*) Aus dem Archiv für Post und Telegraphie. Berlin 1883. S. 202.

Digitized by Google

treibt ihn mittelst hydrostatischen Druckes mit Kupfervitriol-Lösung aus den Zwischenräumen hinaus.*)

Welcher Imprägnirungs-Methode der Vorzug zu geben sei, ob der von Boucherie mit Kupfervitriol oder der mit Theeröl, dürfte noch nicht endgiltig entschieden sein. Beide Imprägnirungsarten conserviren die Stangen auf 12—15 Jahre und darüber hinaus bis 20 Jahre, die letztere Methode ist entschieden die theurere.

Jede Stange erfordert für das Tränken mit Kupfervitriol im Durchschnitt bei 7·5—10 Mtr. Länge und 15 Cm. Zopfstärke 6—12 Tage Zeit.

Da das eigentliche Imprägniren mit Theeröl durch Evacuiren und 6—8 Atmosphären Druck nur wenige Stunden in Anspruch nimmt, so lässt sich die zweite Methode etwas schneller bewirken. — Das Trocknen der Stangen darf auch nicht zu schnell erfolgen. — Eine Stange von 7·0 Mtr. soll 40 Kgr., die von 8·5 Mm. Länge 50 Kgr. Theeröl nach beendetem Verfahren enthalten; oder 1 Kb.-Mtr. des Holzes soll 150 Kgr. Theeröl aufnehmen.

Die eisernen Säulen.

Runde Säulen fertigt man am einfachsten und billigsten aus schmiedeeisernen Rohren verschiedener Stärke,

*) Ausführlich beschrieben ist das Imprägniren in Rother's Telegraphenbau S. 30—49, sowie in Zetzsche's Handbuch Bd. III. und in Merling's Telegraphen-Technik. Letztere beide geben an, dass die Handhabung kreosotirter Stangen gesundheitsschädlich sei. Dem entgegen versicherte dem Verfasser der Geschäftsleiter der Imprägnir-Anstalt von Rütgers in Breslau, dass er keinen schädlichen Einfluss auf seine Arbeiter, die ja unausgesetzt mit solchen Hölzern umgehen, beobachtet hätte, auch überzeugte sich der Verfasser selbst, dass alle Leute kräftig und gesund waren und nicht an Augenentzündungen litten.

Digitized by Google

welche heiss in einander getrieben werden. Das obere Ende wird mit einem Knauf aus Gusseisen verschraubt, das untere Ende mit hölzernem Stöpsel geschlossen, damit die Säule im weichen Erdreich nicht tiefer sinkt. Will man das Tönen der Leitungen vermindern, so wird der hohle Raum mit Asche oder Sand am Verwendungsorte gefüllt.

Andere Gestänge hat man auch aus T- oder Doppel-I-Eisen hergestellt. Neuerdings wurde auch eine Construction aus alten brauchbaren Eisenbahn-Schienen vorgeschlagen.

Seit 1878 ist die Linie Berlin-Königswusterhausen mit eisernem Gestänge in Betrieb genommen, und scheint die Construction derselben den Anforderungen zu genügen.

Den ausgedehntesten Gebrauch von eisernen Stangen hat Siemens auf der indo-europäischen Linie gemacht. Die Säulen auf derselben wiegen 83—154 Kgr. und mehr, und sind auf 254—612 Kgr. seitlichen Druck geprobt.*)

Fig. 1 zeigt die Siemens'sche Stange. Die Fundamentplatte *P* ist aus Schmiedeeisen, die darauf geschraubte Röhre *S* aus Gusseisen gefertigt. In letzterer steckt die eigentliche Säule *T*, welche aus einem schmiedeeisernen Rohr besteht. An dieser sind die Isolatoren *I* befestigt und über denselben befindet sich eine als Blitzableiter dienende eiserne Stange *B*.

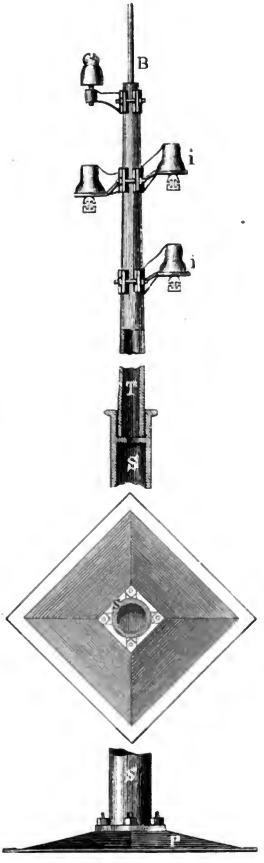
Die Wiener Stadtleitung hat elegante gegossene Säulen. Aehnliche Candelaber sind theilweise bei der Dresdener Verbindungsbahn in Anwendung gebracht.

Eiserne Schuhe an hölzernen Säulen haben sich nicht bewährt, da das Holz in denselben leicht fault.

*) Elektro-technische Zeitschrift 1882, S. 296.

Digitized by Google

Fig. 1.



Digitized by Google

Besondere Constructionen von Unterstützungen.

Wo die Widerstandsfähigkeit einzelner Säulen nicht ausreicht, verwendet man verschiedene stärkere Gestänge. Entweder verbindet man zwei Stangen zu einer gekuppelten, oder man stellt zwei Stangen im spitzen Winkel zusammen als Doppelständer, oder wenn die Anzahl der Leitungen zu gross ist, verwendet man ein Doppelgestänge.

Fig. 2.

Gekuppelte Stangen, Doppelständer, Mauerbügel.

Gekuppelte Stangen wendet man in Fällen an, wo die örtlichen Verhältnisse die Anbringung anderer Verstärkungsmittel nicht gestatten und der stärkere Drahtzug solche nöthig macht. Zwei Stangen werden wie Fig. 2 zeigt, ihrer ganzen Länge nach dicht mit einander durch Schraubenbolzen verbunden, nachdem sie zuvor etwas behauen sind.

Den Doppelständer zeigt Fig. 3. Die Abschrägung der Stangen am oberen Ende beträgt ca. 45—60 Cm. jedoch darf nicht mehr als die halbe Zopfstärke abgenommen werden. Die Auseinanderstellung am Stammende soll bei 7·0 Mtr. Stangen mindestens 0·65 Mtr., bei 8·5 Mtr. Stangen mindestens 0·80 Mtr. betragen. Am Stammende befestigt man ein Querstück mit Holzdübeln und auf der halben Höhe des über dem Erdboden befindlichen Theiles einen Holzriegel mit einem Schraubenbolzen.

Digitized by Google

Fig. 4.

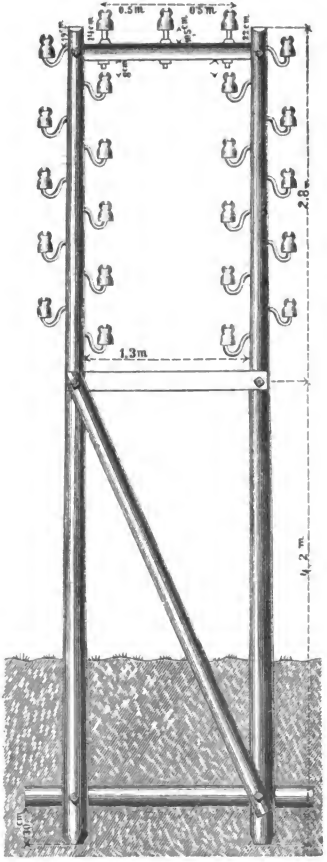
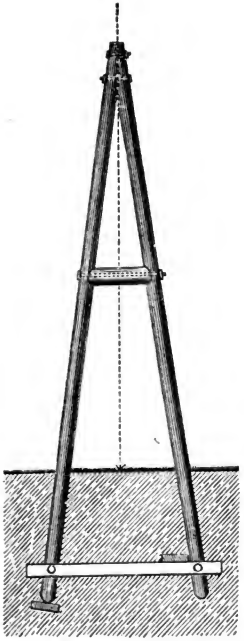


Fig. 3.



Digitized by Google

Doppelgestänge stellt man aus zwei Stangen her, welche mit 1·30 Mtr. Abstand parallel zu einander befestigt werden. Zur grösseren Stabilität des Ganzen wendet man (Fig. 4) 3 Querriegel *R* und 1—2 Streben *S* an.

Fig. 5.

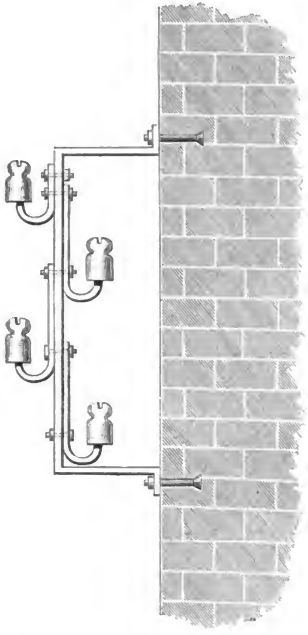
Das Ganze wird gleichfalls mit Schraubenbolzen dauerhaft verbunden.

Die Bolzen sind 20 Mm. stark, haben angeschmiedete Köpfe und sind mit Muttern und Unterlegescheiben versehen.

Digitized by Google

Mauerbügel nennt man Unterstützungen, welche dazu dienen, die Leitungen an Mauern, Felswänden, Brücken und Häusern fortzuführen. Man wird sie überall

Fig. 6.



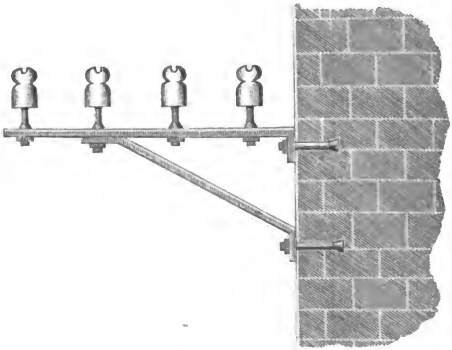
da anwenden, wo die Aufstellung von Säulen Mangels an Raum nicht ausführbar ist. Dieselben bestehen aus Holz oder Eisen. Da die Stützen der Isolatoren auch aus Eisen sind, so hat das letztere Material der Einheitlich-

Digitized by Google

keit und grösseren Dauerhaftigkeit halber den Vorzug.

An Gebäuden, die leicht Veränderungen unterworfen, oder deren Wände mit von Eisendraht gehaltenem Rohrputz bekleidet sind, wird man derartige Unterstützungen nicht anbringen. Der erstere Umstand macht öftere Verlegung der Leitungen nöthig, der letztere könnte einen Blitzschlag ins Haus leiten.

Fig. 7.



Man befestigt an Mauern die Stützen der Isolations-Vorrichtungen entweder in einem eingemauerten Holzdübel oder vergipst die Stütze direct im Mauerwerk. Letztere Methode erschwert allerdings das Auswechseln eines Isolators.

Sind zahlreiche Stützen, also mehrere Leitungen, anzubringen, so befestigt man wohl ein Stück Kreuzholz mit Mauerbolzen und schraubt in dieses die Stützen ein.

Bei wechselständiger Gruppirung der Leitungen jedoch benutzt man die in vorstehender Abbildung

Digitized by Google

Fig. 5 gegebene Construction, zu welcher man Eichenholz von 8 Cm. Stärke im Quadrat benutzt. Es würde den Rahmen dieses Bandes bei weitem überschreiten, wenn hier die gebräuchlichsten Constructionen genauer beschrieben werden sollten, jedoch sind in den folgenden Figuren 6 und 7 noch einige Constructionen abgebildet, welche in vielen Fällen Verwendung finden dürften.

Die Isolations-Vorrichtungen.

Zur Isolirung der Leitungen verwendet man jetzt allgemein Doppelglocken aus sogenanntem Hartfeuerporzellan und zwar in drei verschiedenen Grössen je nach der Wichtigkeit und dem Zwecke der Leitung.

Zwar sind in verschiedenen Staaten und Gegenden die Modificationen in äusserer Gestalt und constructiven Details sehr abweichend von einander, jedoch allen Isolatoren liegt neuerdings das Princip der Doppelglocke zu Grunde, welches sich am besten in den Isolatoren der deutschen Telegraphen-Verwaltung ausgeprägt findet. Diese Verwaltung giebt dem grössten Modell für Hauptlinien die Abmessungen der Fig. 8.

Abweichungen sind bis zu 5% nach unten und nach oben gestattet, an die Lieferung werden folgende Bedingungen geknüpft.*)

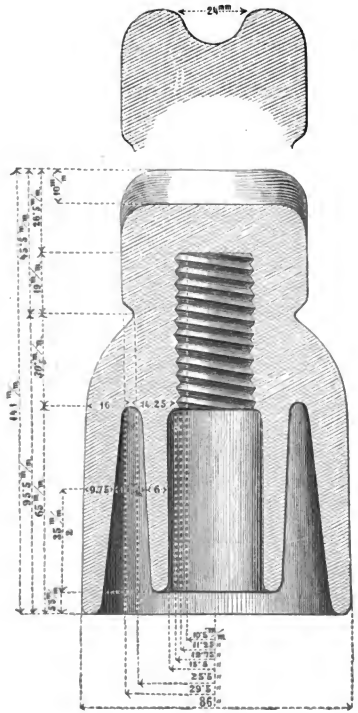
Die Porzellanmasse muss einen muscheligen, feinkörnigen, glänzenden Bruch — ohne irgend welche Hohlräume im Innern — zeigen, sie muss vollständig weiss

*) S. 89 der Telegraphenbau-Ordnung für das Reichs-Telegraphengebiet. Berlin 1877.

Digitized by Google

sein und darf weder im Innern noch im Aeusseren Risse haben.

Fig. 8.



Die Glasur muss die ganze innere und äussere Oberfläche der äusseren Glocke und des inneren Cylinders — mit Ausnahme des unteren Randes der äusseren Glocke

Digitized by Google

— vollständig und zusammenhängend bedecken, dieselbe muss ganz weiss sein und keine Blasen oder schwarze Punkte zeigen.

Vereinzelte kleine schwarze Punkte in der Glasur und die durch die gebräuchlichen Fabrikzeichen gebildeten Eindrücke sind gestattet.

Fig. 9.

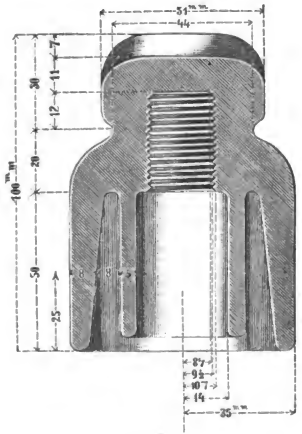
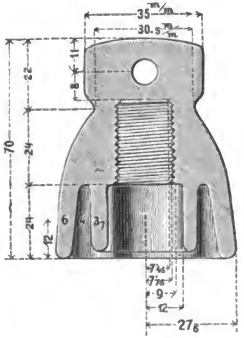


Fig. 10.



Die Oberfläche des Isolators muss aussen und innen möglichst vollständig eben sein. Mit Glasur verdeckte Risse oder Sprünge sind unzulässig. Das Gewinde im Kopf darf keine Ausbröckelungen zeigen und einzelne Gänge des Gewindes dürfen gegen die übrigen nicht hervorstehen.

Sollen die Isolatoren ihren Zweck erfüllen, das heisst, sollen sie den Stromverlust auf ein Minimum reduciren,

Digitized by Google

so kann man sich nicht allein bei der Abnahme darauf beschränken, durch Augenschein sich zu überzeugen,

Fig. 11.

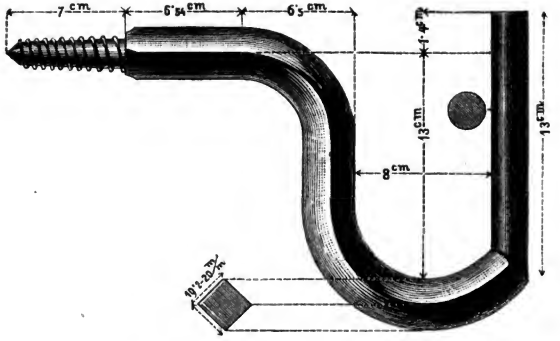
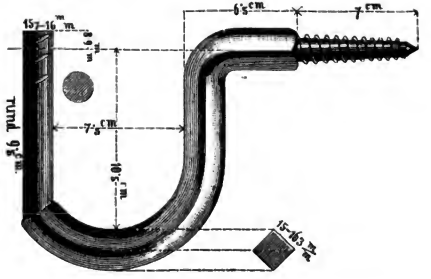


Fig. 12.

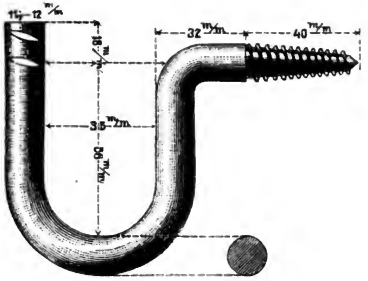


ob sie den Bedingungen entsprechen, sondern man wird sie auch auf elektrischem Wege prüfen, ob die Wandungen der Glocke, wenn man dieselbe mit angesäuertem Wasser füllt und in ein Gefäss mit gleicher Flüssigkeit stellt, Strom hindurchlassen oder nicht.

Digitized by Google

Eine nähere Beschreibung dieser Untersuchungsmethode findet man in Rother's Telegraphenbau 1876 S. 100, sowie in Zetzsche's Handbuch Bd. III, desgleichen Ferrini's Technologie 1879, S. 436. Derselbe giebt nach Brooks den Widerstand auf 3—28 Millionen Ohmad für einen Isolator an. Genauere Untersuchungen hierüber findet man in Merling's Telegraphen-Technik 1879 S. 330—356.

Fig. 13.



Für Nebenlinien benutzt man gegenwärtig eine kleinere Form von Isolatoren, wie Fig 9 zeigt. Zu Einführungen und überhaupt da, wo der Isolator nur Stützpunkt für den Draht, also keine besondere Festigkeit erforderlich ist, wird eine noch kleinere Form verwendet mit einem Loch am oberen Ende, wovon die Fig. 10 eine Abbildung giebt.

Einen Isolator eigenthümlicher Construction, welcher den Bindedraht überflüssig macht, beschreibt Uppenborn in seinem Centralblatt 1883, S. 22; derselbe wird vom Telegraphen-Director Capanema in Brasilien be-

Digitized by Google

nutzt. Der Draht ist mit einer Zinnkugel umgossen, welche in einer Vertiefung des Kopfes ruht.

Zur Befestigung der Isolatoren dienen hakenförmige Stützen mit Schraubengewinde. Für die in Fig. 8—10 abgebildeten Isolatoren geben die Fig. 11—13 eine Ansicht. Dieselben sind aus gutem Quadrateisen geschmiedet. Das gerade Ende des Hakens ist cylindrisch, mit Hieb versehen, damit eine Umwickelung von in Leinölfirniss getränktem Hanf gut haftet, auf welche der Isolirkopf aufgeschraubt wird. Das andere Ende hat ein konisches Holzschraubengewinde.

Die Stützen sind aus bestem Schmiedeeisen zu fertigen, dürfen weder Risse noch Brüche zeigen. (Die grösste Sorte wiegt 1·1 Kgr.) Gegen Rost streicht man den nicht vom Isolator bedeckten Theil der Stütze mit Leinölfirniss an.

Leitungsmaterial für besondere Zwecke.

Für die Telephon-Leitungen (Fernsprechanlagen) verwendet man verzinkten Gussstahldraht von 2.2 Mm. Stärke. Neuerdings macht man auch vielfach Versuche mit Phosphor-Bronze und Silicium-Kupferdrähten, die speciell von Lazare Weiler in Angoulême (Frankreich) gefertigt werden.

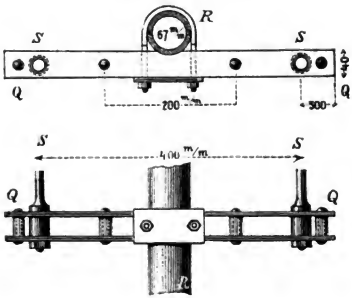
Derselbe theilt in besonderer Beilage zu Heft 6 1883 von Uppenborn's Centralblatt die im Anhang gegebene Tabelle mit. Ein sehr beachtenswerthes Essay über Telegraphen- und Telephon-Drähte hat auch die Firma Felten & Guilleaume zu Köln in der Elektro-technischen Zeitschrift im Februar 1882 veröffentlicht.

Digitized by Google

Die speciellen Einrichtungen für Telephonzwecke sind in Band VI dieser Bibliothek gegeben, und sehr ausführlich findet man eine Beschreibung der betreffenden Vorkehrungen in C. Grawinkel: Die allgemeinen Fernsprech-Einrichtungen, Berlin 1882.

Jedoch sollen einige charakteristische Abweichungen vom Material des Telegraphenbaues hier ihren Platz finden. Im übrigen findet man noch diverse Construc-

Fig. 14 und 15.



tionen in dem Abschnitt über die Herstellung der Telephon-Leitungen in diesem Werke.

Vielfach werden die Telephon-Leitungen auf Rohrständern über die Dächer der Häuser hingeführt, deren Details in Fig. 14 und 15 gegeben sind. *R* ist der Rohrständer, *Q* der Querträger und *S* sind die Stützen für die Isolatoren.

Die Herren Felten & Guilleaume bemerken in ihrem oben genannten Essay wohl mit Recht, dass oberirdische Leitungen mittelst an Isolatoren gespannter

Digitized by Google

Drähte für grössere Städte wohl nur als Provisorium angesehen werden dürfen, da die Zahl der Leitungen jetzt schon an vielen Orten einen solchen Umfang angenommen hat, dass eine weitere Ausdehnung der Anlagen kaum noch möglich erscheint.

Das Bedürfniss, die Leitungen in grösseren Städten unterirdisch zu führen, wird immer dringender, und die Elektro-Techniker werden sich ernstlich mit der Anwendung zweckmässiger Kabelconstructionen beschäftigen müssen, um die oberirdischen Telephon-Leitungen durch unterirdische Anlagen zu entlasten.

In der That hat die Firma Siemens & Halske auch schon Telephonkabel bis zu 32 Leitungen construirt, und zwar werden mit Baumwolle besponnene und gewachste, schwache Kupferdrähte symmetrisch zu einem Seil vereinigt, welches mit Bleirohr umpresst ist.

Einen nicht unwichtigen Umstand möchte ich an dieser Stelle noch erwähnen, nämlich das Tönen der Drähte.

Wer hätte nicht schon das weithin vernehmbare Tönen der Telegraphen-Leitungen an den Landstrassen und Eisenbahnen gehört. Umfassende Vorkehrungen dagegen waren erst nöthig, als man massenhafte Telegraphen-Leitungen über Häuser hinführte. Die Bewohner beschwerten sich, dass sie sogar Nachts mitunter im Schlaf gestört würden.

Die deutsche Telegraphen-Verwaltung sucht auf verschiedene Weise das Tönen zu hindern.

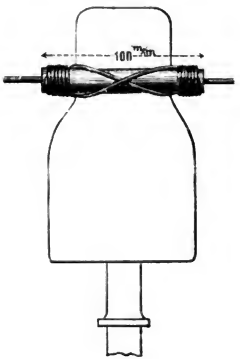
Entweder legt man um den Isolirkopf einen Gummiring, darüber einen Bleiblechstreifen und bindet den Leitungsdraht darüber, oder man verhindert das Schwingen

Digitized by Google

des Drahtes durch Bewickeln mit Bleistreifen oder durch Aufschieben von starkwandigen Stücken Gummischlauch, welche eine der Drahtstärke entsprechende feine Oeffnung haben, wie dies Fig. 16 zeigt.

(Die Elektro-technische Zeitschrift bringt im Jahrgang 1881, S. 141, sowie S. 260 und 471 auch einige Vorschläge zur Dämpfung des Tönens.)

Fig. 16.



Nach Versuchen, die der Verfasser mehrfach selber anzustellen Gelegenheit hatte, rühren die hohen und lauten Töne hauptsächlich vom Mitschwingen der Porzellanglocken her. Man beseitigt diese Töne am einfachsten durch Umlegen von doppelt besponnenem und gewachstem Kupfer- oder Bleidraht, welcher ca. 20—30 Mm. vom unteren Rande des Isolators festgewürgt wird.

Weitere Details über die Einrichtung der Fernsprech-Leitungen werden wir im Capitel IV kennen lernen.

Digitized by Google

Für die Zwecke der Haustelegraphie wird man dieselben Drähte und Constructionen gebrauchen können, welche in der Verkehrstelegraphie und beim Fernsprechwesen für die Luftleitungen im Gebrauch sind, jedoch nur bedingungsweise.

Verwendet man Läute-Inductoren, wie beim System Bell-Blake oder E. Berliner, die bis 6000 Ohm Widerstand überwinden, so kann man schwache Eisen- oder Stahldrähte verwenden; überall da aber, wo Wecker mit wenig Widerstand und schwache Batterien von wenig Elementen gebraucht werden, muss man Kupferdraht oder starken Eisendraht nehmen, um den Leitungswiderstand so gering als möglich zu machen.

Die Fernsprech-Einrichtungen in Preussen haben 2·2 Mm. Stahldraht, und jede Sprechstelle ist mit 6—12 Elementen (Braunstein-Cylinder) ausgerüstet. Das mangelhafte Functioniren der Wecker und unregelmässiges Fallen der Klappen veranlasste die Anwendung von Relais und Weckern mit Selbstausschluss. Hier zeigt sich also die Richtigkeit obiger Erwägung und die Ueberlegenheit von kleinen Inductoren über galvanische Batterien.

Der Kupferdraht leidet im Freien bei den geringen Stärken, in welchen ihn die Haustelegraphie verwendet, leicht durch äussere Einflüsse, besonders durch den Kalk der Mauern; Eisendraht wird oft zu schwer sein.

Hier dürfte die Anwendung eines neuen Materials am Platze sein. Herr J. B. Grief in Wien bringt seit Kurzem den Silicium-Kupferdraht von Lazare Weiler in den Handel. Dieses Fabrikat vereinigt alle Eigenschaften, die man an ein Material für beregte Zwecke stellen kann. Silicium-Kupferdraht hat ein genügendes

Digitized by Google

Leitungsvermögen, hohe absolute Festigkeit, bei geringem Gewicht, ist biegsam, zäh und hat fast unbegrenzte Dauer. Zum Spannen solcher Drähte haben die Herren C. Teudloff & Th. Dittrich in Wien ein Dynamometer construirt, welches jedoch für Eisendraht nicht verwendbar ist, da sich derselbe dehnt.*)

Die im Anhang befindliche Tabelle aus einem Circular des Herrn Grief giebt die nähere wünschenswerthe Auskunft über Preise und Eigenschaften dieses Materials.

Die Kriegsleitungen sind speciell im XV. Bande dieser Bibliothek behandelt und dürfen hier wohl füglich übergangen werden, da sie nicht von allgemeinem Interesse sind. Für eine specielle Information über dieselben ist ausserdem zu empfehlen: A. May, Geschichte der Kriegs-Telegraphie, Berlin 1875; F. W. Buchholtz, die Kriegstelegraphie, Berlin 1877; R. v. Fischer-Treuenfeld, Kriegstelegraphie, Stuttgart 1879.

Als Material für die Zwecke der elektrischen Beleuchtung dienen ausschliesslich kupferne Seile und massive Drähte, blank oder auch isolirt. Wo es irgend möglich ist, wird man massive, weiche Drähte wohl am besten verwenden und nur unter besonderen Umständen, wo man die Leitungen entweder nicht auf Isolatoren führen kann, oder, um sie vor Berührungen zu schützen und daraus entspringende Unglücksfälle zu verhüten, wird man isolirte Drahtseile anwenden. Die allgemeine Anwendung isolirter Drähte im Freien dürfte zu theuer sein, sich auch nicht empfehlen, da die Isolirung, falls sie nicht

*) Uppenborn's Centralblatt 1882, S. 645.

Digitized by Google

durch eine Bleihülle geschützt ist, unter Witterungseinflüssen in wenig Jahren zerstört würde. Die Befestigung und Isolirung der Drähte ist eine analoge, wie bei den Telegraphen-Leitungen. Bei hoch gespannten Strömen wird man auf möglichst gute Isolation zu halten haben, die sich am sichersten, einfachsten und billigsten durch die auf Seite 23 beschriebenen Isolatoren erreichen lässt.

Die stärksten Leitungen gebraucht man für Glühlichtlampen; jedoch wird man aus praktischen Gründen über eine Stärke von 7 Mm. nicht hinausgehen. Ist ein grösserer Querschnitt erforderlich, so wird man 2—3 solcher Drähte vereinigen.

Für Einzelbogenlicht können folgende Drahtstärken als Norm gelten.*)

100	200	300	400	600	Mtr. Gesammtlänge
3	4	5	6	7	Mm. Drahtstärke
6	22	52	100	200	Kgr. Gewicht des Drahtes
7·06	12·56	19·63	28·27	38·49	Qu.-Mm. Querschnitt
0·24	0·26	0·255	0·232	0·258	Ohm Widerstand.

*) Im Anhange befindet sich eine Tabelle, welche durch gütige Unterstützung der Herren Felten & Guilleaume zum Theil nach besonderen Versuchen eigens für diesen Band aufgestellt wurde. Dieselbe enthält Angaben über Kupferdrähte von 0·20—10 Mm. Stärke.

Digitized by Google

II.

Versenkte Leitungen.

Der Construction nach hat man bei versenkten Leitungen zu unterscheiden: Leitungen, die ins Erdreich, und solche, die unter Wasser versenkt werden.

Im Allgemeinen sind alle nach gleichen Principien gefertigt: ein oder mehrere Kupferdrähte sind umpresst mit einer oder mehreren Lagen von Guttapercha. Diese Gummi-Adern werden in beliebiger Zahl von 1—7 Stück zu einem Seil vereinigt, mit getheertem Jutegarn umwickelt und durch Eisendrähte oder Blei-Umpressung gegen äussere Einflüsse geschützt. Die Schutzhülle ist je nach den Umständen und dem Zwecke stärker oder schwächer. Unsere Tafel im Anhange giebt diverse Querschnitte der Kabel aus der Fabrik von Siemens & Halske.*)

Die specielle Fabrikation der Kabel und ihre Prüfung ist S. 94 u. ff. unter dem Capitel: »Herstellung versenkter Leitungen« abgehandelt.

*) Näheres über die Fabrikation findet man ausserdem in Rother, S. 110, Zetzsche's Handbuch Band III und im Band II dieser Bibliothek, sowie S. 96 dieses Bandes.

Digitized by Google

Zum besonderen Schutze der Kabel verwendet man im Erdboden Ziegelsteine oder eiserne Röhren, beim Durchschreiten von Wasserläufen verzinkte, gusseiserne Schutzmuffen mit Kugelgelenken.

Die Leistungsfähigkeit der Kabel in Bezug auf Leitungsvermögen, Isolations-Widerstand und Capacität findet sich neuerdings auf den Querschnitts-Abbildungen der Fabriken angegeben. Die Prüfung auf Isolation wird am Fabrikations-Orte in grossen Wasserbehältern mit empfindlichen Mess-Instrumenten bewirkt.

Ausser einem bestimmten geringen Leitungswiderstande für die Kupferlitze und einem hohen Widerstande für die Isolirung verlangt man von einem guten Kabel, dass es nach einem Jahre der Verlegung nicht mehr als 1 Procent Stromverlust ergebe.

Das Isolationsvermögen ist im Allgemeinen um so grösser, je kleiner das specifische Vertheilungsvermögen der isolirenden Körper; setzt man letzteres für

Luft . . . . . = 1

so ist es für

Glas . . . . . = 1·9
Harz . . . . . = 1.77
Guttapercha . . . . . = 4·2
Glimmer . . . . . = 5·00

(Nach Schellen-Kareis, Der elektromagnetische Telegraph 1882, S. 308.)

Ueber die Untersuchungs-Methode findet man hinreichende Auskunft auf S. 100 dieses Bandes.

Für die speciellen Zwecke des Fernsprechwesens und der Haustelegraphie kann man natürlich gleichfalls die Kabel der Verkehrstelegraphie verwenden, jedoch

Digitized by Google

wird man des hohen Preises halber neuerdings zu den sehr viel billigeren Bleirohr-Kabeln greifen, von denen schon an früherer Stelle die Rede war.

Für elektrische Beleuchtung fertigen Siemens & Halske jetzt auch Bleirohr-Kabel, und sind solche z. B. in Berlin bei Beleuchtung der Leipziger Strasse in Anwendung gekommen. (Siehe Elektro-technische Zeitschrift 1882, S. 446.)

Dieselben enthalten einen 3·4 Mm. starken, massiven Kupferdraht, welcher nach einem, obiger Firma patentirten Verfahren mit Jute umsponnen und in harziger Masse getränkt ist. Hierauf erfolgt das Umpressen mit Blei, welches gleichfalls mit getheerter Jute umsponnen wird. Der Widerstand beträgt pro Kilometer 2·25 S.-E.

Edison verwendet*) für die elektrische Canalisation von Städten Kupferstäbe von kreissegmentförmigem Querschnitte. Zwei solcher Stäbe liegen mit den Flächen parallel nebeneinander in einer schmiedeeisernen Röhre von 20 Fuss (englisch) Länge. Dieselbe ist innen mit Isolirmasse ausgegossen, aussen zum Schutze gegen Rost mit getheertem Band umwickelt. Die Querschnitte der für alle Zwecke ausreichenden Leitungen giebt die nachstehende Tabelle.

Nr.	Querschnitt des Kupferstabes Qu.-Mm.	Aeusserer Rohrdurchmesser Mm.
1	830	82
$1^1/_2$	598	76
2	443	70

*) La lumière Edison, 5. Edition. Paris 1882. Société Eléctrique Edison.

Digitized by Google

Nr.	Querschnitt des Kupferstabes Qu.-Mm.	Aeusserer Rohrdurchmesser Mm.
$2^1/_2$	340	65
$2^3/_4$	244	58
3	133	51
4	92	48
5	54	33
6	33	33
7	16	28

Die Edison-Gesellschaft giebt noch Folgendes über die Leitungen an: Mit Rücksicht auf die Querschnitte, welche man stets so berechnet, dass sie höchstens ein Zehntel von der in den Lampen gebrauchten Energie aufzehren. resultirt als Gesammtverbrauch des Stromkreises ein Arbeitsaufwand, welcher elf Zehnteln von der in den Lampen erzeugten Wärme äquivalent ist, unter der Voraussetzung, dass dieselben alle gleichzeitig brennen. Da letzteres, mit Ausnahme der Wintermonate, während des grösseren Theiles des Jahres nicht der Fall ist, so verringern sich die in der Leitung entstehenden Verluste beträchtlich, und man wird schwerlich fehlgehen, wenn man dieselben im Laufe des Jahres auf höchstens 6 Procent veranschlagt.

Der Isolations-Widerstand des ganzen Leitungsnetzes vom ersten District in New-York beträgt nach Uppenborn's Centralblatt 1883, S. 54, bei 79.000′ Gesammtlänge und einem Minimal-Widerstand der einzelnen Strecken von 150,000.000 Ohm bei 20′ Baulänge der Rohre

$$\frac{20 \cdot 150{,}000.000}{79.000} = 37974 \text{ Ohm}$$

Digitized by Google

Hiernach berechnet sich der Verlust

$$E = v^2 w = \frac{e^2}{w} = \frac{110{\cdot}2}{37974} = 0{\cdot}32 \text{ Voltampères.}$$

Nimmt man für eine Edison-Lampe 4·5 Voltampères Arbeitsaufwand, so berechnet sich der ganze Verlust in Folge der Isolation zu 0·07 Normalkerzen (bei einer Rohrleitung für 280.000 Normalkerzen), ein Resultat, welches auch die beste Gasleitung nicht aufweisen kann.

III.

Herstellung der oberirdischen Linien und Leitungen.

Der Herstellung einer Telegraphen-Linie gehen zunächst die Verhandlungen mit den Behörden und Besitzern voraus, welche bei der Linie betheiligt sind. Demnächst erfolgt die Recognoscirung der Strecke zur Feststellung der Trace. Zur Vermeidung von Stockungen in der Ausführung von Telegraphen-Anlagen ist die Gründlichkeit der Auskundung der Linie und aller in Betracht zu ziehenden Verhältnisse ein Haupterforderniss. Auf Grund dieser Arbeiten wird event. ein Plan mit Hilfe von guten Karten entworfen (wie dies in Merling's Telegraphen-Technik S. 435 ausführlich angegeben ist). Alsdann folgt das Abpfählen der Linie, Vertheilen des Baumaterials auf die Strecke, die Aufrichtung und Befestigung der

Digitized by Google

Unterstützungen und schliesslich die Herstellung der Drahtleitung.

Ehe die Arbeiten beginnen, muss jedoch ein Kostenanschlag gefertigt werden, auf Grund dessen die Beschaffung der Kosten und des Materials zu erfolgen hat. Im Anhang findet sich ein Schema für solche Anschläge.

Für normale Verhältnisse rechnet man an Stangen für Linien längs den Eisenbahnen, bei 75 Mtr. Intervallen, auf 10 Km. 133 Stück zu 7·0 Mtr. Länge; an Kunststrassen und Landwegen für eine Hauptlinie bei 75 Mtr. Intervallen auf 10 Km. 133 Stück zu 8·5 Mtr.

Der unterste Draht soll auch bei einer grösseren Zahl von Leitungen im tiefsten Punkte nicht unter 3 Mtr. vom Erdboden entfernt sein, wonach also die Stangenlänge zu wählen ist.

Für Nebenlinien nimmt man die gleiche Zahl 7 Mtr.-Stangen. Zu dieser Stangenzahl tritt noch eine Anzahl für Uebergänge und Curven, in denen die Stangen-Intervalle geringer sind.

Bei Uebergängen sind 8·5 Mtr.-, eventuell 10·0 Mtr.-Stangen zu verwenden. Bei Ueberschreitung von Strassen nimmt man den tiefsten Punkt des untersten Drahtes 4·30 Mtr., bei Eisenbahnen 6·00 Mtr.

Im Mittel kann man pro Km. Linie 16—18 Stangen verschiedener Länge rechnen, da bei 75 Mtr. Intervallen 13·3 Stangen auf das Km. kommen.

An Isolations-Vorrichtungen rechnet man auf jede Stange eine Schraubenstütze und einen Isolator, ausserdem noch 1% Porzellanglocken auf Bruch.

An verzinktem Eisen-Leitungsdraht ist zu veranschlagen von

Digitized by Google

5	Mm.-Draht	31·7	Ctr.
4	» »	20·5	»
3	» »	11·6	»
2·5	» »	8·2	»

für 10 Km.

Die stärkeren Drähte werden allgemein zum Linienbau verwendet; nur in den Fällen, wo der Draht durch grössere Spannkraft das Gestänge oder den Verkehr gefährden könnte, verwendet man 2·5 Mm.-Draht.

Nach einem anderen Erfahrungssatze rechnet man pro 1 Km. von

5	Mm.-Draht	167·0	Kgr.*)
4·5	» »	133·3	»
4·0	» »	107·0	»
2·5	» »	42·0	»

Zur Befestigung der Leitungsdrähte an den Isolatoren ist von 2 Mm. verzinktem Eisendraht für je 100 Bindungen 3·5 Kgr. und an Winkeldraht für die Löthstellen von 1·7 Mm. verzinktem Eisendraht 0·3 Kgr. pro 1 Km. (oder pro 6—7 Löthstellen) erforderlich.

In gerader Linie erhält ca. jede dritte Stange einen Anker oder eine Strebe. Hiernach ist der Bedarf an Material für die Sicherung des Gestänges zu bemessen.

Ferner ist der eventuelle Bedarf an Doppelständern, gekuppelten Stangen und Mauerbügeln etc. zu berücksichtigen.

Das Abpfählen der Linie geschieht mit 40—50 Cm. langen Pflöcken, deren jeder einen Unterstützungspunkt bezeichnet. Jedes Pfählchen erhält fortlaufend eine Nummer,

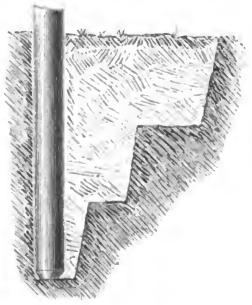
*) Für Anlage von Erdleitungen nimmt man bei 4 Mm.-Draht 20·5 Ctr. auf 10 Km.

Digitized by Google

welche in ein Abpfählbuch mit allen erforderlichen Bemerkungen eingetragen wird. Auf Grund dieser Daten geschieht die Vertheilung des Materials, und zwar bei Eisenbahnen auf kleinen Rollwagen, respective bei Landwegen mittelst Fuhrwerk.

Das Aussuchen der besten Fluchtlinie erfordert Uebung und Geschicklichkeit, und verweisen wir in dieser Beziehung auf die Werke von Merling, Zetzsche und die Reichs-Telegraphenbau-Ordnung, sowie auf Ludewig, »Die Herstellung der Leitungen«. Bei Eisenbahnen muss die Stange mindestens 2 Mtr. von der Geleismitte entfernt sein. — Um eine Gefährdung der Eisenbahnzüge beim Umfallen von Stangen zu vermeiden, stellt man die Linie möglichst entfernt, wo möglich an die Grenze des Bahnterrains, jedoch ist dabei auf Streben und Anker Rücksicht zu nehmen, da dieselben nicht auf fremdes Terrain übergreifen dürfen.

Fig. 17.



Nach vollendeter Vertheilung des Materials beginnt der Bau der Linie. Die Stangen sind in gewöhnlichem Boden auf $^1/_5$, an Böschungen auf $^1/_4$, in Felsen auf $^1/_7$ ihrer Länge zu versenken. Die Löcher für die Aufrichtung der Stangen werden 30—40 Cm. breit und 80 bis 120 Cm. lang gemacht, die Tiefe erreicht man in Absätzen von je 75 Cm.; s. Fig. 17.

Digitized by Google

In Felsboden erzeugt man die Löcher durch Bohren und Sprengen. In manchen Fällen wird man sich mit Vortheil zur Herstellung von Löchern in nicht zu hartem Boden besonders hierzu construirter Erdbohrer bedienen.

Fig. 18.

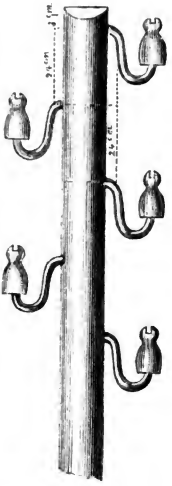
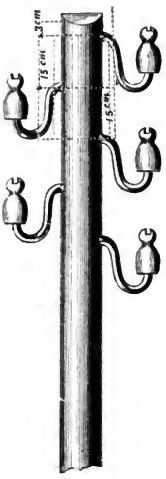


Fig. 19.



In Flugsand und Sumpfboden ist die Erreichung der nöthigen Tiefe mit Schwierigkeiten verbunden und erfordert diese Arbeit geschickte, erfahrene Leute.

Im Durchschnitt fertigt ein geübter Arbeiter in 12 Stunden Arbeitszeit in gewöhnlichem Boden mit dem

Digitized by Google

Spaten 10 Löcher; mit dem Erdbohrer leisten zwei Mann in gleicher Zeit bei geeignetem Boden etwa $^1/_3$ mehr.

Vor Aufstellung der Stangen werden dieselben mit Isolations-Vorrichtungen versehen, wie dieses die Figuren 18 und 19 zeigen. Fig. 18 zeigt die normale Armirung einer Stange auf der Strecke, — Fig. 19 die enge Armirung an Ueberführungen oder auf Bahnhöfen.

Fig. 20.

Das Aufrichten der Stangen geschieht je nach dem Gewichte derselben von 3 bis 5 Mann, dieselben können in normalem Boden so viel Stangen aufstellen und feststampfen, als 5—6 geübte Leute Löcher zu graben im Stande sind. Das Aufrichten geschieht eventuell mit Hilfe von Stangen mit eiserner Spitze, oder auch nur durch Nachhelfen mit einem langen Spaten.

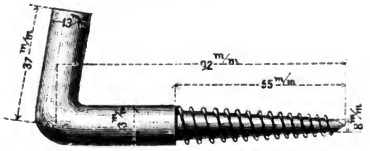
Zur Verstärkung der Festigkeit des Gestänges wendet man Streben oder Anker an. Erstere macht man circa 5 Mtr. lang, schneidet das obere Ende schräg und giebt ihm mittelst eines Dexel eine Höhlung, entsprechend der runden Stange. Das untere Ende der Strebe bleibt stumpf und wird womöglich durch einen Stein gegen

Digitized by Google

Einsinken gesichert. Die Verbindung der Strebe mit der Stange geschieht durch zwei 15 Cm. lange Strebenschrauben mit viereckigem Kopfe. (Fig. 20.)

Die Anker fertigt man aus starker Leitung, welche in entsprechender Länge und Höhe über einen Ankerschraubenhaken um die Stange gelegt wird; hierauf würgt man die Enden zusammen und befestigt sie an einem Steine oder Ankerklotz, der von zwei Pfählen im Erdboden gehalten wird, so dass der Anker straff angespannt ist. Fig. 20*a* zeigt einen Ankerhaken. Der Hakentheil

Fig. 20 *a*.



steht zum Schafte in circa 80 Grad Neigung und ist 37 Mm., der Schaft 130 Mm. lang und aus Rundeisen gefertigt. Der Gewindetheil ist 55 Mm. lang.

Die Anbringung der Verstärkungsmittel erfolgt zugleich bei Aufstellung der Stangen, also stets vor Aufbringung des Drahtes.

Zur Herstellung der Drahtleitung werden acht Mann angestellt und in folgender Weise vertheilt:

zum Auflegen der Drahtadern	1	Mann
zur Anfertigung der Löthstellen	2	»
zum Ausrecken des Drahtes	2	»
zum Auflegen in die Stützen	1	»
zum Festbinden und Reguliren	2	»
zusammen .	8	Mann

Digitized by Google

ein neunter Arbeiter schafft auf einem Karren kleine Materialien und Werkzeug herbei.

Das Auslegen des Drahtes erfolgt durch Fortrollen des senkrecht gehaltenen Drahtringes. Das Verbinden der einzelnen Adern zu einer continuirlichen Leitung geschieht jetzt allgemein durch eine 75 Mm. lange Wickel-Löthstelle, welche in Fig. 21 dargestellt ist. Die Anfertigung dieser Verbindungen muss mit grosser Sorgfalt geschehen. Wie wichtig dieses ist, hat Verfasser in seiner Praxis schon oft erfahren müssen.

Früher wandte man Verbindungsmuffen oder Würgstellen an, die man wohl auch verlöthete. Es scheint

Fig. 21.

jedoch, als ob bei Blitzschlägen in Folge der wenigen und kurzen Berührungspunkte das Zinn herausschmilzt und der gute metallische Contact durch Oxydation dann bald verloren geht. Es sind gelöthete und nicht gelöthete Muffen und Würgestellen gefunden worden, welche bis zu 6000 Ohm Widerstand hatten, so dass die Correspondenz vollkommen gestört war; dass in den langen, gut gefertigten Wickel-Löthstellen der Blitz das Zinnloth herausgeschmolzen hätte, ist Verfasser nicht bekannt geworden.*)

*) Zur Verhütung des Rostens der Löthstellen hat Herr Telegraphen-Inspector v. Eichmann eine Löthseife aus Wachs und Harzen gefertigt, welche bei J. Scheyde in Breslau zu haben ist. Dieselbe dürfte sich für elektrische Lichtleitungen ganz besonders empfehlen. Das Kilogramm kostet 6 Mk.

Digitized by Google

Das Löthen der Wickelstelle geschieht am einfachsten mit einem kupfernen, nicht zu kleinen flachen Kolben, dessen breite Fläche man unter die betreffende Stelle so lange hält, bis das Zinn von unten durch alle Windungen hindurchdringt. Die Löthstelle wird alsdann sauber abgewischt und von überschiessendem Löthmaterial gereinigt.

Sind mehrere Adern verbunden, so erfolgt das Ausrecken des Drahtes. Dieses Ausrecken ist durchaus nothwendig, nicht allein um schlechte Stellen im Drahte oder mangelhafte Löthstellen zu entdecken, sondern auch um den Draht möglichst gerade zu ziehen und zu dehnen. Geschieht dieses nicht, so ist die unausbleibliche Folge, dass der Draht sich durch eigene Schwere senkt und der beim Ziehen der Leitung gegebene Durchhang später überschritten wird. Besonders wenn zwei Behörden an demselben Gestänge ihre Leitungen haben und schon mehrere Leitungen vorhanden sind, treten Berührungen der verschiedenen Leitungen und somit Störungen des Betriebes ein. (Eine nicht gereckte kurze Leitung hing z. B. bei normal gegebenem Durchhang und normalen Stangen-Intervallen im Hochsommer bis 1 Mtr. tiefer, als sie hängen sollte, und verursachte störende Berührungen.)

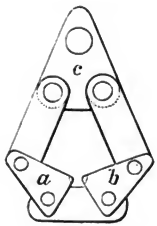
Die Löth-Colonne darf sich von der Ausrecker-Colonne nicht zu weit entfernen, um etwaige Drahtbrüche sofort verbinden zu können.

Das Ausrecken geschieht in der Weise, dass der Draht an einem Ende um eine Telegraphenstange, einen Pfosten oder Baum gelegt wird, an dem anderen Ende zwischen die Klemmbacken einer Froschklemme (Fig. 22) genommen wird, an welcher eine Drahtwinde mit 15- bis

Digitized by Google

20facher Kraftübersetzung befestigt ist. Die Drahtwinde muss natürlich auch einen ähnlichen Befestigungspunkt wie der Draht erhalten. Wirkt der Arbeiter mit 20 Kgr. an der Kurbel der Winde, so übt er 300—400 Kgr. Kraft auf den Draht aus. Diese Kraft ist genügend und soll circa eine Minute dauern, auch nicht überschritten werden (für 4—5 Mm. starken Eisendraht). Etwa hierbei noch nicht beseitigte Knicke glättet man vermittelst eines hölzernen Hammers auf gleicher Unterlage.

Fig. 22.



Wird eine Stange durch das Recken aus dem Loth gebracht, so ist sie von neuem festzustampfen.*)

Ist der Draht in der bisher beschriebenen Weise vorbereitet, so wird er, vermittelst einer Stange mit Spitze und Haken, auf die Isolatoren, in Curven und Winkeln in die Stützen gelegt. Es erfolgt nun das Reguliren des Drahtes, das heisst die Herstellung des normalen Durchhanges (der Pfeilhöhe der Kettenlinie, welche der Draht zwischen je zwei Stützpunkten bildet).

Bei Berechnung des Durchhanges hat man zu berücksichtigen: die Spannweite e (in Metern), die Spannung s (in Kgr.), die Länge l des Drahtes zwischen zwei Stützpunkten (in Metern) und das Gewicht g des Drahtes von 1 Mtr. Länge in Kgr., dann hat man folgende Gleichungen:

*) Von einer Abbildung und Beschreibung der Werkzeuge musste des beschränkten Raumes halber abgesehen werden, das Gewünschte findet man in den Werken von Rother und Ludewig.

Digitized by Google

$$d = \frac{g\,e^2}{8\,s}; s = \frac{g\,e^2}{8\,d}; l = e + \frac{8\,d^2}{3\,e}$$

das Gewicht von 1 Mtr. Eisendraht beträgt bei:

1	Mm.	Durchmesser	0·0063	Kgr.
2	»	»	0·025	»
2·5	»	»	0·039	»
3·0	»	»	0·056	»
4·0	»	»	0·100	»
5·0	»	»	0·153	»

Aus diesen bekannten Daten lässt sich die Spannung für jeden Fall berechnen. Jedoch ist dieselbe in Folge des Temperaturwechsels veränderlich, und zwar variirt die Länge von 1 Mtr. Eisendraht bei Temperatur-Aenderungen von 1° R. um 0·000015 Mtr. Es ist nun Grundsatz, bei einer durchschnittlichen Minimal-Temperatur von —20° R., also bei der grössten Verkürzung des Drahtes, von demselben nicht mehr als den vierten Theil seiner absoluten Festigkeit zu beanspruchen.

Hieraus folgt, dass, wenn bei einer höheren Temperatur das Drahtziehen erfolgt, die Spannung eine geringere sein muss. Ein Viertel der absoluten Festigkeit würde demnach ungefähr betragen für:

5	Mm.-Draht		196	Kgr.
4	»	»	125	»
3	»	»	70	»
2·5	»	»	49	»

Zur Vereinfachung der Arbeit hat man auf Grund obiger Daten eine Tabelle entworfen, welche statt der Spannung gleich den Durchhang für verschiedene Spannweiten und Temperaturen ergiebt:

Digitized by Google

Bei einer Temperatur von Grad Réaumur	ist der Durchhang für die Spannweite von				
	100 M.	65 M.	60 M.	50 M.	40 M.
	Meter				
— 20	0·97	0·55	0·35	0·24	0·16
— 15	1·11	0·68	0·47	0·36	0·26
— 10	1·23	0·78	0·57	0·45	0·34
— 5	1·34	0·88	0·65	0·52	0·40
0	1·44	0·96	0·73	0·58	0·45
+ 5	1·53	1·04	0·79	0·64	0·50
+ 10	1·62	1·12	0·85	0·69	0·54
+ 15	1·71	1·19	0·91	0·74	0·58
+ 20	1·79	1·25	0·97	0·79	0·62
+ 25	1·86	1·31	1·02	0·83	0·66

Das Reguliren des Durchhanges nach dieser Tabelle geschieht mit Hilfe einer Latte oder zweier Rahmen, an denen die obigen Masse entsprechend markirt sind, indem man von einem Ende den Draht entlang visirt. Ist der richtige Durchhang hergestellt, so wird die Leitung gleich an jedem Isolirkopfe festgebunden.

Bei bedeutenden Niveau-Unterschieden ist die Niveau-Differenz für das Mass des Rahmens am höher gelegenen Isolirkopf zum Durchhang der Tabelle hinzuzunehmen.

Beim Reguliren mehrerer Leitungen wird zuerst die oberste regulirt und die anderen werden dieser parallel gezogen. Gute Arbeiter lernen es sehr bald, nach dem Augenmass zu reguliren, so dass nicht bei jedem Stangen-Intervall eine Controle mit der Visirvorrichtung nöthig ist; jedoch darf eine zeitweilige Prüfung das Durchhanges nicht unterlassen werden.

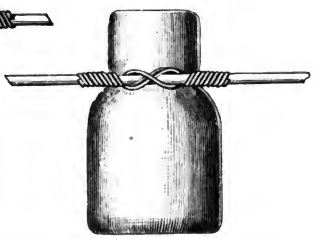
Digitized by Google

Das Binden des Drahtes an den Isolirköpfen geschieht vermittelst eines, 2 Mm. starken, verzinkten Eisendrahtes. In gerader Strecke wendet man im oberen Drahtlager den Oberbund, in Curven und Winkeln im seitlichen Drahtlager den Seitenbund an, wovon Fig. 23 und 24 Abbildungen geben.

Für den Oberbund verwendet man zwei 50 Cm. lange Bindedrähte, für den Seitenbund einen 70—75 Cm. langen Bindedraht.

Fig. 23.

Fig. 24.



Die richtige Eintheilung aller Leute für die gesammte Arbeit beim Leitungsbau ist für den guten, ungestörten Fortgang desselben von grosser Wichtigkeit. Je nach den Bodenverhältnissen hat der Bauführer seine Disposition zu treffen. Als Vorarbeiter hat stets der zweite Binder zu fungiren.

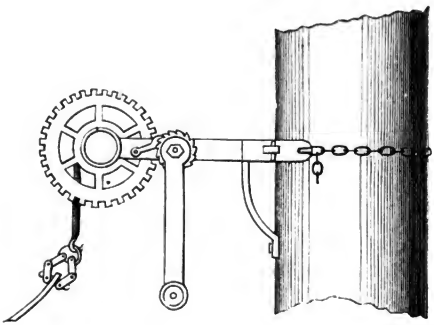
Es ist unter allen Umständen darauf zu halten, dass alle Bunde sorgfältig und fest angefertigt werden, anderenfalls scheuert sich der Telegraphen-Draht in den Windungen eines lockeren Bundes sehr bald durch, so

Digitized by Google

dass bei stürmischem Wetter zahlreiche Drahtbrüche erfolgen. Auch ist es schon vorgekommen, dass lose, zwischen zwei Stangen hängen gebliebene Reste von Bindedraht die Festigkeit der Leitungen durch Zerreiben gefährdet haben.

Wie viel Intervalle auf einmal ausgereckt werden können, richtet sich darnach, ob die Flucht gerade oder

Fig. 25.



vielfach gekrümmt ist. Im ersteren Falle kann man 5—6, im letzteren 4—5 Intervalle auf einmal ausrecken; oft wird es auch zweckmässig sein, die Arbeit vermittelst zweier Winden auf 10 Intervalle zu bewirken. Die hierzu gebrauchte Drahtwinde ist in Fig. 25 abgebildet.

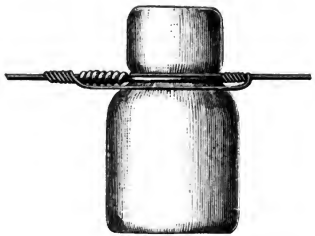
Um zu verhindern, dass der Draht in den Stützen liegend, beim Reguliren am Zinküberzug beschädigt wird, empfiehlt es sich, denselben provisorisch an den Isolatoren

Digitized by Google

zu befestigen, jedoch so, dass er in den Bindedrähten noch gleiten kann. Sind nicht genug Winden vorhanden, oder handelt es sich um das Reguliren des Drahtes an einer Abspannstange, so bedient man sich eines Flaschenzuges für diesen Zweck; denselben benützt man auch an Mauerbügeln und ähnlichen Constructionen, deren Festigkeit durch eine Winde gefährdet werden könnte.

An Stellen, wo die starke Leitung in leichte übergeht, bei den Abspannstangen, muss besondere Sorgfalt

Fig. 26.



verwendet werden. Die Stange ist zu verstreben, respective zu verankern, und die Verbindung zwischen den verschieden starken Drähten ist besonders sicher herzustellen und gut zu verlöthen, was am besten dadurch erreicht wird, dass man die leichte Leitung, wie bei Fig. 26, in einem Bügel um den Isolator herumführt, in mehreren Windungen um die starke Leitung legt und hier verlöthet.

In längeren Linien mit wenig Stationen richtet man für den Fall einer Betriebsstörung sogenannte Unter-

Digitized by Google

suchungs-Stationen ein. Das heisst, an einer geeigneten Stange wird die Leitung durch ein Spannconsol mit zwei Isolirköpfen getrennt und die Verbindung durch zwei Spiralen aus leichter Leitung und eine Klemmschraube hergestellt, wie dies aus Fig. 27 in *a* und *b* ersichtlich ist.

Fig. 27 *a*.

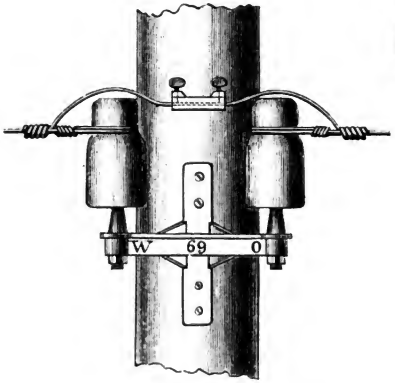
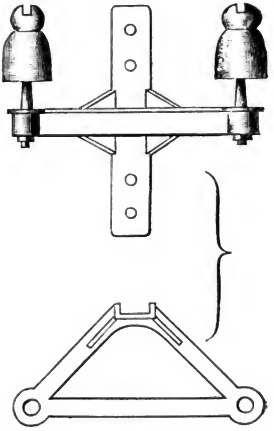


Fig. 27 *b*.



Man verwendet hierzu ein Doppelconsol aus schmiedbarem Gusseisen, mit Isolatoren auf geraden, stählernen Stützen mit Muttern. Das Consol wird mit vier 8 Cm. langen Schrauben mit viereckigen Köpfen an der Stange befestigt. Die zur Klemme führenden Spiralen werden am besten auf einem konischen Holze mit spiraliger Rinne gewickelt.

Bis in die Nähe dieses Consols führt man eine Erdleitung, deren Herstellung wir auf S. 94 und ff. besprechen

Digitized by Google

werden. Zur bequemeren Ersteigung einer solchen Stange versieht man dieselbe wohl auch mit wechselständigen Sprossen.

An Leitungs-Abzweigungspunkten wendet man ein gleiches Consol an, wie es hier oben abgebildet ist, und sichert die Abzweigungsstange durch Anker, respective Streben, eventuell auch durch beide Verstärkungsmittel.

Die Anwendung leichter Leitung ist schon auf S. 39 besprochen worden.

Die Stangen werden von Station zu Station, von Nummer 1 anfangend, mit fortlaufenden Nummern versehenund unter Angabe des Jahres, der Länge etc. in ein Stangenregister (respective eine Stützpunkt-Nachweisung) eingetragen.

An Orten, wo die Stangen, Anker oder Streben durch Fahrzeuge gefährdet werden könnten, sichert man dieselben gegen Beschädigungen, je nach den Umständen, durch Prellpfähle, Steine oder Scheuerböcke, oder durch Radabweiser anderer Art.

In baumreichen Gegenden sind die Zweige der nahe dem Gestänge stehenden Bäume derart auszuästen, dass die Leitungen in 0·65—1·0 Mtr. Entfernung ringsherum frei hängen, damit Stromableitungen durch Berührung feuchter Zweige vermieden werden. Sind die betreffenden Bäume im fremden Besitz, so ist eventuell ein diesbezügliches Abkommen zu treffen.

Die Beschreibung einiger Anlagen von Leitungen, welche unter erschwerenden Umständen ausgeführt wurden, dürfte für ähnliche Fälle eventuell als Anhalt dienen, und wollen wir im Nachstehenden zwei dergleichen kurz mittheilen.

Digitized by Google

Im Jahre 1877 wurde eine Telegraphen-Linie von dem Seebade Cranz in Ostpreussen, entlang der Kurischen Nehrung (einer schmalen Landzunge, welche die Ostsee vom Kurischen Haff trennt) über die Orte Rossitten, Nidden und Schwarzort nach Memel hergestellt. Die Linie ist circa $13^1/_2$ Meilen lang und theilweise durch Waldungen, meistens jedoch auf Dünen ohne alle Vegetation geführt. Diese Dünen bestehen aus reinem, losen Quarzsande. In Folge dessen ist das Eingraben der Stangen sehr mühsam und zeitraubend. Da die einzelnen Fischerdörfer mehrere Meilen von einander entfernt sind, so waren die Arbeiter genöthigt, Lebensmittel für mehrere Tage mitzunehmen. Tagsüber mussten sie in glühender Sonnenhitze im heissen Dünensande arbeiten, ohne frisches Trinkwasser.

Das Wasser des Haffs ist im Sommer, durch die sogenannte Wasserpest, fast ungeniessbar. Abends, nach beendeter Arbeit, stieg man über die steilen Sanddünen hinab zum Strande des Haffs und grub circa 1 Meter tief nach Grundwasser, welches jedoch auch nur mit Branntwein vermischt geniessbar war. Alsdann bivouakirte man die Nacht im Freien. Den Abschluss der Linie bildet ein 572 Mtr. langes, dreiaderiges Kabel durch das Memeler Tief.

Da die Dünen des Ostseestrandes alle Jahre 3—6 Mtr. wandern, war die richtige Ermittlung der Fluchtlinie von grosser Wichtigkeit. Dass man hier alle Verhältnisse in richtiger Weise berücksichtigt hat, zeigte sich sehr bald in den folgenden Jahren. Nur wenige Stangen wurden durch die wandernden Dünen bis zu den Isolatoren verschüttet oder bis zum Fusspunkte frei gelegt,

Digitized by Google

so dass diese Stangen mehr in der Leitung hingen, als derselben zum Stützpunkt dienten.

Einen anderen Uebelstand, der sich bei dieser Linie gezeigt hat, möchte ich hier gleich erwähnen. Wie das Archiv für Post und Telegraphie auf S. 750 (1882) mittheilt, bildet sich im Memeler Tief, bei anhaltendem Froste, sehr viel Grundeis, durch welches das oben erwähnte Kabel schon mehrere Male gehoben wurde. Man beschwerte dasselbe durch Anker, zu 235 Kgr. das Stück, worauf das Kabel bis zum Jahre 1883 nicht mehr gehoben worden ist. Beim Heben des Kabels behufs Anbringung der Anker zeigte sich, dass das Grundeis die Hanfbespinnung über den Schutzdrähten abgescheuert hatte, während der Zinküberzug der Drähte noch unverletzt war.

Neuerdings nun hatte das Grundeis das Kabel wieder gehoben. Aus dem Haff kommendes Treibeis setzte sich an demselben fest und drohte es zu zerreissen; es gelang jedoch noch rechtzeitig von einem Dampfer aus, das Kabel vom Eise zu befreien und zum Sinken zu bringen.

Ein anderer Leitungsbau, nicht minder schwierig wie der obige, war die Herstellung der Linie nach der Schneekoppe im Riesengebirge. (S. Archiv 1880, S. 688.) Vom Orte Krummhübel am Fusse des Hochgebirges bis zum Koppenhause steigt die Linie auf 7 Km. Länge 1000 Mtr.

Die Stangen sind im Durchschnitte mit 48 Mtr., am Koppenkegel mit 25 Mtr. Intervall gesetzt. Das erste halbe Kilometer hat im Walde 8·5 Mtr.-Stangen, dann folgen 1·5 Km. 7 Mtr.- und weiter oben wegen des Sturmes 5 Mtr.-Stangen. Die längeren Stangen sind da verwendet, wo meist Schneeverwehungen eintreten.

Digitized by Google

Mit Rücksicht darauf, dass die meisten Wege nicht befahren werden dürfen, oder bei der Steigung überhaupt unfahrbar sind, musste sämmtliches Material zum Leitungsbau durch Menschen transportirt werden, und zwar wurden die Stangen, je nach ihrer Länge und den Kräften der Leute, von 2—4 Mann getragen.

Zur Herstellung der Stangenlöcher erwies sich auf der letzten Strecke von 1 Km. Länge, den Koppenkegel hinauf, jegliches Werkzeug als unzulänglich, so dass die Löcher in dem lockeren Quarzsteingerölle mit der Hand hergestellt werden mussten. Im Ganzen waren erforderlich 168 Stangen, 159 Streben und 138 Anker. Theilweise wurde die Leitung mit doppeltem Bindedraht befestigt.

Da auf der äussersten Spitze dieses 1611 Meter hohen Berges genügende Feuchtigkeit nicht vorhanden war, so musste eine 1·5 Km. lange Erdleitung bis zur Goldquelle hinunter gelegt werden. Auf dieser Strecke wurde auf jeder Stange oben ein Stück schwache Leitung als Blitzableiter eingetrieben, bis zur vorbeiführenden Erdleitung heruntergeführt und daselbst verlöthet.

Festigkeit des Gestänges. Ein Capitel, das dem Fachmanne unter Umständen zur schnelleren Information willkommen sein dürfte, möge an dieser Stelle noch kurz eingeschaltet werden, nämlich einige Formeln zur Berechnung der Festigkeit eines Gestänges. Diese Formeln wollen wir zunächst unabhängig von den bei Einrichtung eines Gestänges häufig gegebenen Grössen ableiten, indem wir betrachten, welche Kräfte auf eine Stange wirken, und wie man diesen Kräften am vortheilhaftesten begegnen kann.

Digitized by Google

Die Kräfte selbst werden verticale und horizontale sein; erstere werden lediglich von dem Gewichte der Stangen, der Leitungsdrähte und der an denselben sich im Winter häufig bildenden Eis-Ablagerungen herrühren, letztere theils vom Winde, theils von den Leitungsdrähten.

Was zunächst die Leitungsdrähte etc. anlangt, so geben diese für den allgemeinen Fall des geradlinigen Gestänges und gleicher Höhe der Stangen nur eine verticale Kraft.

Der Zug je eines Leitungsdrahtes (der ja nur bis zum halben Durchhange die Stange angreift) zerlegt sich in zwei Kräfte, in eine verticale und eine horizontale. Sind die Durchhänge auf beiden Seiten der Stange gleich und gleich hoch, so sind beide horizontalen Kräfte gleich und entgegengesetzt, heben sich also auf; die beiden verticalen dagegen addiren sich und geben einen Druck, der gleich dem Gewichte der Leitung zwischen je zwei Aufhängepunkten sein wird.

Insofern würde der für eine Telegraphenstange zulässige Druck sich leicht bestimmen, da er in der verticalen Axe wirkt, sich gleichmässig auf die einzelnen Theile des Körpers vertheilt, und ja nur das Bestreben haben würde, die Stange zu zerdrücken. Nennen wir den Druck auf die Flächen-Einheit (Quadrat-Cm.), welcher gerade hinreichen würde, den Körper zu zerdrücken, K, so würde derselbe für den Querschnitt Q sein

$$P = K \,.\, Q \qquad (A)$$

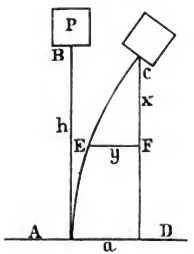
wo K durch die Erfahrung bestimmt ist und als Druckfestigkeits-Modul bezeichnet wird. Mit Berücksichtigung des eigenen Gewichtes G der Stange würde für P zu setzen sein $P + G$.

Digitized by Google

Eine Telegraphenstange ist aber ein Körper, bei welchem die Länge gegen die Dimensionen des Querschnittes sehr gross ist. Es zeigt sich leicht durch das Experiment, dass P, das zulässige Druckgewicht für einen solchen Körper, nicht allein vom Querschnitte, sondern auch von der Länge abhängig, und zwar dieser umgekehrt proportional ist.

Noch ein anderes Moment indess tritt in diesem Falle hinzu, welches nicht unberücksichtigt bleiben darf.

Fig. 28.



Veranlasst nämlich irgend ein Seitendruck (z. B. hier der Wind) eine Biegung der Stange, dann wirkt die Belastung nicht mehr in der Hauptaxe des Körpers, verstärkt die Biegung und bringt schliesslich, sobald sie gross genug ist, ein Zerknicken der Stange an dem Punkte, wo sie eingerammt ist (gefährlicher Querschnitt) hervor.

Wie gross ist nun die Kraft, welche gerade ein Zerknicken der Stange bewirken würde? Die Stange (die bei A eingestampft ist) habe ursprünglich die verticale Stellung AB; durch die Seitenkraft veranlasst, gehe diese in AC über. (Die Biegung erfolgt nur in einer Ebene.) Mit Hilfe der höheren Mathematik lässt sich nun leicht die Gleichung der Linie AC ableiten; es möge genügen, die Gleichung selbst und die Bedeutung der in ihr vorkommenden Grössen anzugeben. Legt man in Fig. 28 ein rechtwinkeliges Coordinaten-System mit C als Anfangspunkt, CD (die Verticale durch C) als x-Axe, die

Digitized by Google

zur Horizontalen AD durch C gezogene Parallele als y-Axe zu Grunde, so ist EF (E beliebiger Punkt der Hauptaxe des Körpers) mit y, CF mit x zu bezeichnen; nennen wir noch AD, die grösste Biegung, a, so ergiebt sich als Gleichung der Linie AC:

$$\frac{y}{a} = 1 - \cos\left(x \sqrt{\frac{P}{EJ}}\right)$$

worin P die Belastung,

E den Elasticitäts-Modul,

J das Trägheitsmoment des Querschnittes bezeichnet.

Für den Fall der Knickung am Punkte A wird

$y = x = a = h$ (Länge der Stange),

und die Gleichung geht über in

$$1 = 1 - \cos\left(h \sqrt{\frac{P}{EJ}}\right)$$

woraus folgt

$$\cos\left(h \sqrt{\frac{P}{EJ}}\right) = 0$$

oder

$$h \sqrt{\frac{P}{EJ}} = \frac{\pi}{2}$$

und es ergiebt sich als Belastung, die gerade ein Zerknicken bei A herbeiführen würde:

$$P = \left(\frac{\pi}{2}\right)^2 \cdot \frac{E.J}{h^2} \qquad (B)$$

E, der Elasticitäts-Modul, ist für

Tannenholz	130.000	Kg. für 1 Qu.-Cm.
Eichenholz	120.000	
Gusseisen	1,000.000	
Schmiedeeisen in Stäben .	2,000.000	

J, das Trägheitsmoment, ist für

Digitized by Google

1. den kreisförmigen Querschnitt vom Durchmesser d:

$$J = \frac{\pi}{64} d^4 = 0{\cdot}0491\ d^4,$$

2. für den ringförmigen Querschnitt, vom äusseren Durchmesser D, vom inneren d:

$$J = \frac{\pi}{64} (d^4 - d^4) = 0{\cdot}0491\ (D^4 - d^4),$$

3. für den rechteckigen Querschnitt:

$$J = \frac{b \,.\, a^3}{12} = 0{\cdot}038\ ba^3$$

4. für den quadratischen Querschnitt:

$$J = \frac{a^4}{12} = 0{\cdot}083\ a^4.$$

Ist der Abstand der Telegraphenstangen l Mtr., das Gewicht eines Meters Leitungsdraht p_1 Kgr., so ergiebt sich das Gewicht einer Leitung $= l\ p_1$, folglich ist das Gewicht von n Leitungen:

$$n \,.\, l \,.\, p_1 \text{ Kgr.}$$

Hierzu tritt noch das Gewicht der Isolatoren und Stützen; wiegt ein Isolator und seine Stütze p_2 Kgr., so ergiebt sich für n Leitungen:

$$n \,.\, p_2 \,.\, \text{Kgr.}$$

Endlich üben auch die Eis-Ablagerungen, deren Gewicht für 1 Mtr. Leitungsdraht häufig 2—3, ja mehr Kgr. beträgt, einen Druck aus; dieser wäre für $n \,.\, l$ Leitung im Durchschnitt:

$$n \,.\, l \,.\, 2{\cdot}5 \text{ Kgr.}$$

Bei einer geradlinigen Leitung würde also die Gesammtbelastung sein:

$$(n \,.\, l \,.\, p_1 + n \,.\, p_2 + n \,.\, l \,.\, 2{\cdot}5) \text{ Kgr.}$$
$$= n\,(l\ p_1 + p_2 + l \,.\, 2{\cdot}5) \text{ Kgr.}$$

Digitized by Google

Wollte man bei der Bestimmung der Belastung noch das Gewicht der Stange in Rechnung ziehen, so hätte man dieses zu addiren.

Sind die Stangen in einer Curve aufgestellt, bilden also die von ihr ausgehenden Leitungen einen Winkel α, so heben sich die von den Leitungsdrähten herrührenden seitlichen Kräfte nicht auf, sondern setzen sich zu einer zusammen.

Die Resultante der von den Drähten ausgeübten Kräfte ergiebt sich, wenn die Gewichte der beiden Draht-

Fig. 29.

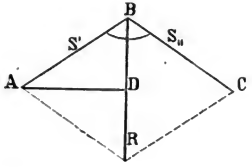
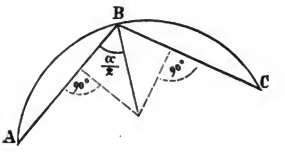


Fig. 30.



leitungen, so weit sie auf eine Stange wirken, S_1 und S_2 sind (Fig. 29):

$$R = \sqrt{S_1^2 + S_2^2 + 2\, S_1\, S_2\, \cos \alpha} \qquad (C)$$

In den meisten Fällen ist aber $S_1 = S_2 = S$, und es wird daher:

$$R = 2\, S \cos \frac{\alpha}{2}. \qquad (D)$$

Gehen von einer Stange aus nach mehr als zwei Richtungen Leitungsdrähte, so kann man ebenfalls leicht die Resultante der Kräfte finden, indem man immer je zwei Kräfte zusammensetzt.

Hieran knüpft sich folgende Betrachtung. (Fig. 30.) Sind drei auf einander folgende Stangen $A\ B\ C$, so kann

Digitized by Google

man einen Kreis beschreiben, der durch die drei Punkte $A\ B\ C$ geht und den Radius r hat. Sei ferner $A\ B = B\ C$ und $\sphericalangle A\ B\ C = \alpha$, so ergiebt sich die Beziehung

$$\cos \frac{\alpha}{2} = \frac{a}{2\ r}. \qquad (E)$$

Sind also zwei der Grössen r, a, α bekannt, so ist die dritte bestimmt; es ist

$$a = 2\ r \cos \frac{\alpha}{2}$$

und

$$r = \frac{a}{2 \cos \frac{\alpha}{2}}$$

Endlich wäre noch der Fall zu erwähnen, wenn die Telegraphenstangen nicht in derselben Horizontalebene stehen, ein Fall, welcher auch sehr häufig vorkommt. Die von den Leitungsdrähten ausgeübten Kräfte, welche nach beiden Seiten hin ungleich sind, geben auch hier einen seitlichen Druck, der aber in die Leitungsebene selbst fällt. Die Resultante wird alsdann ebenfalls nach dem Parallelogramm der Kräfte berechnet.

Was den schon im Anfange dieses Capitels bemerkten Winddruck betrifft, so wirkt dieser seitlich auf die Stangen. Für Mitteleuropa beträgt derselbe 125 Kgr. für den Qu.-Mtr. Die Telegraphenstangen bieten nun dem Winde keine ebenen, sondern krumme Flächen dar, und ermässigt sich daher der Winddruck um $^1/_3$ seiner Stärke.

Es ist indess eine bekannte Thatsache, dass ein Umbruch einer Telegraphenstange bei geradlinigem Gestänge selbst durch starke Stürme nicht herbeigeführt wird, sobald die Stangen gesund, gut eingerammt sind und die üblichen Dimensionen haben. Es werden zwar auch bei

Digitized by Google

geradlinigem Gestänge Streben, respective Anker angebracht, indess haben sie nur den Zweck das Schiefziehen zu verhindern, welchem die Stangen durch den Winddruck ausgesetzt sind. Trifft allerdings der Wind eine Winkelstange in der Richtung der Resultante des von den Leitungen ausgeübten Druckes, dann ist die Stabilität der Stange in Frage gestellt.

Der Angriffspunkt der Kräfte, welche die Leitungsdrähte etc. auf die Stange ausüben, kann leicht gefunden werden. Alle diese Kräfte wirken in derselben Richtung. Seien die Kräfte P' P'' . . . ., die Höhen ihrer Angriffspunkte $h—b$, $h—2b$, $h—3b$ . . . ., so ist die Höhe des Angriffspunktes ihrer Resultante:

$$h' = \frac{(h—b)\,P' + (h—2b)\,P'' + \ldots + (h—nb)\,P^{(n)}}{P' + P'' + \ldots P^{(n)}}$$

Bei geradlinigem Gestänge ist, da die Stangenabstände gleich sind, meist

$$P' = P'' = P''' = \ldots = P^{(n)}$$

und daher die Höhe des gemeinschaftlichen Angriffspunktes

$$h'' = \frac{(h—b) + (h—2b) + \ldots + (h—nb)}{n}$$

$$= \frac{nh—(1 + 2 + 3 + \ldots + n)\,b}{n}$$

$$= \frac{n\,h—n\left(\frac{1+n}{2}\right)b}{n} = h — \left(\frac{n+1}{2}\right).\,b.$$

Der Angriffspunkt der vom Gewicht der Stange ausgeübten Kraft wird der Schwerpunkt derselben sein. Ist die Höhe desselben s, das Gewicht der Stange π, so wird

Digitized by Google

endlich die Höhe des Angriffspunktes aller auf die Stange ausgeübten Kräfte sein

$$\frac{h'(P' + P'' + \ldots + P^{(n)}) + s \cdot \pi}{P' + P'' + \ldots P^{(n)} + \pi}$$

und für $P' = P'' = \ldots = P^{(n)} =$

$$\frac{h'' \cdot n \cdot P' + s \cdot \pi}{n \cdot P' + s \cdot \pi}$$

An die Stelle von P ist bei einer Winkelstange R zu setzen; siehe Gleichung C, respective D.

Bei einer Endstange ist der Zug der Leitungsdrähte auf einer Seite sehr klein, gegen denjenigen auf der anderen Seite. Hier werden also die Leitungsdrähte auch eine, und zwar gegen die Verticale sehr bedeutende seitliche Kraft ausüben. Sind die einzelnen seitlichen Kräfte (die verticalen kommen nicht in Be racht) P', P'' ., so wird der Gesammtzug $P = P' + P'' + \ldots P^{(n)}$ sein, die Höhe des Angriffspunktes von P

$$h = \frac{(h-b)\,P' + (h-2b)\,P'' + \ldots + (h-nb)\,P^{(n)}}{P' + P'' + \ldots + P^n}$$

für $P' = P'' = \ldots = P^{(n)} = \mathfrak{P}$. ist

$$P = n \cdot \mathfrak{P} \text{ . und}$$

$$h' = \frac{(h-b) + (h-2b) + \ldots + (h-nb)}{n}$$

$$= h - \frac{(n+1)\,b}{2}.$$

Gehen wir nun zur Beantwortung der Frage über: Wie kann man allen diesen Kräften begegnen? Bei einer Telegraphen-Leitung sind uns verschiedene Grössen gegeben, z. B. das Gewicht der Leitungsdrähte. In diesem Falle würde es sich darum handeln, zu finden aus welchem Materiale die Stange sein muss, damit sie den bestimmt

Digitized by Google

gegebenen Druck der Leitungsdrähte aushält. Man würde daher dasjenige Stangenmaterial wählen, für das K (Gl. A), der Druckfestigkeits-Modul, am grössten ist.

K ist für

Tannenholz . . .	400	Kgr. pro	Qu.-Cm.
Kiefernholz . . .	450	» »	»
Gusseisen	7800	» »	»
Schmiedeeisen . .	3000	» »	»

zulässig ist für

Tannenholz	50	Kgr. pro	Qu.-Cm.
Kiefernholz . . .	60	» »	»
Gusseisen	500	» »	»
Schmiedeeisen . . .	750	» »	»

Wegen der seitlich wirkenden Kräfte, welche eine Biegung der Stange hervorrufen, muss auch solches Material zur Stange verwandt werden, welches die grösste Biegungsfestigkeit besitzt. K', die zulässige Beanspruchung, ist für

Holz	70	Kgr. pro	Qu.-Cm.*)
Gusseisen	250	» »	»
Stabeisen	700	» »	»

Man würde also, was die Festigkeit anlangt, eisernen Trägern den Vorzug geben müssen. Diese aber könnten unter Umständen die Elektricität ableiten und sind ausserdem auch theuer. Man verwendet meist die billigeren und auch leicht zu beschaffenden Holzstangen und muss nun nicht mehr die Last der Leitungsdrähte als bekannt ansehen, sondern den Elasticitäts-Modul des Holzes.

In der Gleichung B

*) Die Festigkeitszahlen sind nach »Des Ingenieurs Taschenbuch« angegeben. Berlin 1881 vom Verein »Hütte«.

Digitized by Google

$$P = \left(\frac{\pi}{2}\right)^2 \cdot \frac{E \cdot J}{h^2}$$

ist also P die Unbekannte. Die Erfahrung lehrt nun, dass man, um das Zerknicken zu vermeiden,

bei Holz . . . $\frac{P}{10}$

bei Gusseisen . $\frac{P}{8}$

bei Schmiedeeisen $\frac{P}{6}$

wählen muss. Ausserdem muss man von dem so bestimmten P noch das Gewicht der Isolatoren und der etwa auftretenden Eis-Ablagerungen abziehen.

Hat man nun ein bestimmtes Stangenmaterial gewählt, so würde nur noch die Frage aufgeworfen werden können: Welche Dimensionen müsste die Stange haben, damit sie die nun bestimmt gegebene Last P zu tragen vermag?

Setzen wir kreisförmigen Querschnitt voraus, so kommt in der Gleichung B in J der Querschnitt Q und h die Länge der Stange vor. Wäre also E und P bekannt, so hätte man das Verhältniss von Q zu h als unbekannt aufzufassen. Die Bestimmung dieses Verhältnisses lässt sich zwar nicht rein theoretisch, wohl aber mit Hilfe der Erfahrung durchführen.

Nennt man das durch Gleichung (A) $P = K\,Q$ bestimmte P nunmehr P_1, das durch Gl. (B) bestimmte P P_2, so wird die zulässige Belastung P kleiner als P_1 und kleiner als P_2 sein müssen.

$$P < P_1$$
$$P < P_2.$$

Digitized by Google

Man setze

$$P = \frac{P_1}{1 + c},$$

wo c, wie schon oben bemerkt, auch direct der Länge h proportional ist. P_2 ist aber auch umgekehrt proportional der Länge, so dass man setzen kann:

$$P_2 = \frac{c_1}{h} = \frac{c_2}{c},\ c = \frac{c_2}{P_2}$$

wodurch man erhält

$$P = \frac{P_1}{1 + \frac{c_2}{P_2}} = \frac{P_1 P_2}{P_2 + c_2}$$

Diese Grösse muss nun kleiner sein als P_2, d. h.

$$\frac{P_1 P_2}{P_2 + c_2} < P_2$$

$$\frac{P_1}{P_2 + c_2} < 1$$

$$c_2 > P_1 - P_2.$$

Wähle ich nun als Maximalwerth $c_2 = P_1$, so geht die obige Gleichung über in

$$P = \frac{P_1 P_2}{P_1 + P_2}.$$

Setze ich hierin die Werthe von P_1 und P_2, so erhalte ich

$$P = \frac{K \cdot Q \left(\frac{\pi}{2}\right)^2 \frac{E \cdot J}{h^2}}{K \cdot Q + \left(\frac{\pi}{2}\right)^2 \frac{E \cdot J}{h^2}};$$

also eine Beziehung zwischen h und Q.

Bei Telegraphen-Leitungen ist nun meist durch die Oertlichkeit auch die Länge h der Stange bestimmt, da ja die Durchhänge nicht mit Leitern in Berührung kommen

Digitized by Google

und auch den Verkehr nicht hemmen dürfen. Demnach dient diese Formel hauptsächlich dazu, den Querschnitt Q der Stange zu berechnen.

Bei Bestimmung der Last der Leitungsdrähte wird man auch in Betracht ziehen müssen, dass die Stangen nicht zu weit auseinander stehen, da ja auf jede Stange das Gewicht des Drahtes bis zur halben Länge des Durchhanges wirkt. Auch hier hat Theorie und Praxis bestimmt, dass bei geradlinigem Gestänge als mittlere Entfernung 75 Mtr. genommen werden.

Man muss also, um dem Gestänge die grösste Festigkeit zu geben, Material und Dimension der Stange der Belastung entsprechend wählen.

Bei einer Winkelstange wirkt der Leitungsdraht horizontal, und sei die Last P nun so beschaffen, dass ihr gerade das Gleichgewicht gehalten wird, dann würde

$$Ph = k\ W$$

sein müssen.

W bedeutet hierin das Widerstandsmoment des Querschnittes und ist für den kreisförmigen Querschnitt

$$W = \frac{\pi\ d^3}{32} = 0{\cdot}0982\ d^3$$

Wäre für eine Stange vom Durchmesser d, und der Länge h, von einem bestimmten Materiale $P = P_1$; für eine Stange desselben Materiales vom Durchmesser d_2 und der Länge h_2, $P = P_2$, so beständen die beiden Gleichungen

$$P_1 = k\ \frac{\pi\ {d_1}^3}{32\ h_1}$$

$$P_2 = k\ \frac{\pi\ {d_2}^3}{32\ h_2},$$

Digitized by Google

woraus folgt

$$P_1 : P_2 = \frac{{d_1}^3}{h_1} : \frac{{d_2}^3}{h_2},$$

d. h. die relativen Festigkeiten cylindrischer Telegraphenstangen von demselben Material stehen im geraden Verhältnisse zu den Kuben ihrer Durchmesser und im umgekehrten zu ihren Längen.*)

Für den ringförmigen Querschnitt würde sich eine ähnliche Beziehung ergeben.

Hier wäre, da

$$W = \frac{\pi}{32}\left(\frac{D_4 - d_4}{D}\right) \text{ ist,}$$

$$P_1 = \frac{k \cdot \pi}{32 h_1} \cdot \frac{{D_1}^4 - {d_1}^4}{D_1}$$

$$P_2 = \frac{k \cdot \pi}{32 h_2} \cdot \frac{{D_2}^4 - {d_2}^4}{D_2}$$

woraus folgt

$$P_1 : P_2 = \frac{{D_1}^4 - {d_1}^4}{h_1 \cdot D_1} : \frac{{D_2}^4 - {d_2}^4}{h_2 \cdot D_2}.$$

Da die Stangen meist konisch sind, so wird sich diese Bestimmung ein wenig ändern. Hier ist es von Interesse, den schwächsten Punkt zu bestimmen. Sei der Radius des Querschnittes, wo die Stange eingerammt ist, R, der des obersten Querschnittes r, der des schwächsten Querschnittes ϱ und habe dieser die Höhe $h - z$, so bestehen folgende Gleichungen

---

*) Sobald die Länge der Stange mehr als das Fünfzehnfache der kleinsten Querschnitt-Dimension beträgt, ist nach der Erfahrung die Möglichkeit des Ausbiegens in Betracht zu ziehen.

Digitized by Google

$$P = \frac{k \,.\, \varrho^3 \,\pi}{4 \,\lambda}$$

$$R - r : \varrho - r = p : \lambda$$

$$\lambda = \frac{h \,.\, (\varrho - r)}{R - r}$$

Demnach wird

$$P = \frac{k \,.\, \varrho^3 \,.\, \pi \,.\, (R - r)}{4 \,(\varrho - r) \,h}.$$

Nach ϱ differenzirt, ergiebt sich

$$0 = \frac{3 \,.\, 4 \,.\, k\,\pi \,(R - r)\, h \,(\varrho - r) \,\varrho^2 - 4\, k \,\pi \,h \,(R - r) \,\varrho^3}{16 \,(\varrho - r)^2 \,.\, h^2} \,.\, d\,\varrho$$

$$\text{oder } 0 = 3 \,(\varrho - r) - \varrho$$

$$\varrho = \frac{3\,r}{2}.$$

Es wird also P ein Minimum für

$$\varrho = \frac{3\,r}{2},$$

d. h. der Querschnitt ist also der schwächste, dessen Radius das $1^1/_2$-fache des Radius des obersten Querschnittes ist.

Bei dem Gestänge in der Curve hatten wir die Gl. (C), resp. die speciellere (D)

$$R = 2\,S \,\cos\,\frac{\alpha}{2}$$

und es war

$$2 \cos\,\frac{\alpha}{2} = \frac{a}{r}.$$

Die Trace des Gestänges ist dadurch, dass sie den Strassen- und Eisenbahnlinien folgen muss, meist gegeben, d. h. in der Gleichung ist r gegeben. Indem man den Winkel α bestimmt, ist auch a bekannt. Will man nun

Digitized by Google

die Resultante R für den gegebenen Fall berechnen, so muss man den Werth von

$$2 \cos \frac{\alpha}{2}$$

besitzen. — Zur bequemeren Handhabung sei hier eine Tabelle für

$$2 \cos \frac{\alpha}{2}$$

geboten.

α Grad	$2 \cos \frac{\alpha}{2}$	α Grad	$2 \cos \frac{\alpha}{2}$
0	2·000	95	1·351
5	1·998	100	1·285
10	1·992	105	1·218
15	1·983	110	1·147
20	1·971	115	1·074
25	1·953	120	1·000
30	1·932	125	0·923
35	1·907	130	0·845
40	1·879	135	0·765
45	1·848	140	0·684
50	1·812	145	0·601
55	1·774	150	0·517
60	1·732	155	0·433
65	1·687	160	0·347
70	1·638	165	0·261
75	1·587	170	0·174
80	1·532	175	0·087
85	1·475	180	0·000
90	1·414		

Digitized by Google

Wie man aus der Tabelle ersieht, wird man den Winkel α nicht zu spitz wählen; sollte dies aber durch die Oertlichkeit geboten sein, so dürfte man den Abstand der Stangen, durch den ja der Druck der Leitungsdrähte bestimmt ist, nicht zu gross nehmen.

Dem verticalen Druck entsprechend wird man also das Material und die Dimensionen der Stange bestimmen müssen.

Den seitlichen Druck wird man aber nicht nur durch passende Aufstellung der Stangen zu vermindern suchen man wird ihn besser noch durch seitliche Gegenwirkung aufheben.

Man verwendet dazu Strebe und Anker; erstere wird einen Gegendruck, letzterer einen Gegenzug ausüben. Am geeignetesten wäre es, die Stange im Angriffspunkte der Resultante der auf sie wirkenden Kräfte selbst zu unterstützen, indess wird in der Regel die Oertlichkeit einen anderen Unterstützungspunkt, meist unter dem Angriffspunkte der Resultante bestimmen. Die Strebe, resp. der Anker, wird nun die Kraft besitzen müssen, die auf die Stange seitlich wirkenden Kräfte aufzuheben, d. h. es muss die Horizontal-Componente $= P$, und wenn β der Winkel zwischen Anker und Stange ist, die Kraft des Ankers selbst $\frac{P}{\sin \beta}$ sein.

Den grössten Vortheil würde man haben, wenn man die Seitenbefestigung in einer Höhe $= \frac{2}{3} h$ und unter einem Winkel von 45 Grad anbringen möchte.

IV.

Die Leitungen für besondere Zwecke.

Das bisher über Telegraphen-Leitungen Gesagte hat im Allgemeinen auch für andere elektrische Leitungs-Anlagen Giltigkeit, jedoch sind besonders im Fernsprechwesen Special-Constructionen zur Anwendung gekommen, welche eine gesonderte Besprechung erfordern.*)

Soweit die Anwendung eiserner oder hölzerner Säulen und deren Aufstellung in den Strassen der Städte ausgeschlossen ist, werden die Stadt-Fernsprech-Linien unter Benützung von Dächern der Häuser (zur Befestigung der Leitungs-Stützpunkte) hergestellt.

Da zu dieser Benutzung der Gebäude den Telegraphen-Verwaltungen meistens kein Recht zusteht, so muss dasselbe durch freie Vereinbarung erworben werden.

Hat die Verwaltung der Stadt die Genehmigung ertheilt, dass Fernsprech-Leitungen über die Strassen und Plätze derselben geführt werden dürfen, so erfolgt die Aufstellung des Planes zur Herstellung des Liniennetzes,

*) Ausführlich ist das Fernsprechen im Bd. VI dieser Bibliothek sowie in dem Werke von C. Grawinkel besprochen.

Digitized by Google

wobei natürlich die Zahl der Theilnehmer massgebend ist. Folgende Punkte kommen hierbei noch besonders in Betracht:

Die Vermehrung der Leitungen muss bei eintretendem Bedürfnisse leicht stattfinden können. Der Anschluss von Häusern soll leicht zu bewirken sein. Kreuzungen von Linien sind möglichst zu vermeiden. Auf leicht an zulegende Abzweigungen ist besonders Rücksicht zu nehmen.

Bei bedeutender Ausdehnung des Liniennetzes legt man mehrere Vermittlungsämter an, im Allgemeinen wird man alle Leitungen nach einem Vermittlungsamte führen.

Die Verbindung der Vermittlungsämter unter einander ist derart zu bewirken, dass jedes Vermittlungsamt unmittelbare Verbindungs-Leitungen zu jedem anderen Vermittlungsamte erhält, damit bei einer Verbindung, welche über den Bezirk eines Amtes hinausgeht, stets nur ein zweites Vermittlungsamt betheiligt ist.

Hat man nach diesen Gesichtspunkten den Plan ausgearbeitet, so erfolgt die Auskundung der einzelnen Linien. Es werden diejenigen Häuser ausgewählt, welche zur Befestigung von Leitungs-Stützpunkten geeignet sind. Man wird die Gebäude so wählen, dass die Stützpunkte möglichst in gerader Linie, gleicher Höhe und gleicher Entfernung liegen, wobei Spannweiten von 400 Mtr. unter normalen Verhältnissen als Maximum gelten.

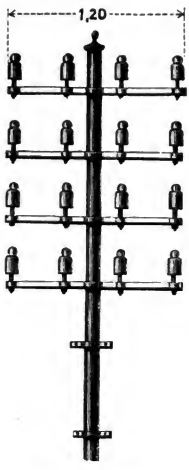
Die Häuser der Theilnehmer sind für diesen Zweck zunächst zu berücksichtigen. Ferner hat man darauf zu sehen, dass die zu wählenden Häuser eine sichere Befestigung und leichten Zugang zu den Stützpunkten ge-

Digitized by Google

statten und deren Dächer so construirt sind, dass sie durch die Belastung der Leitungen oder durch Verankerungen nicht leiden.

Sind nach diesen Rücksichten die Gebäude ausgesucht, so erfolgt die Vereinbarung mit den Besitzern, welche meistens mit Rücksicht auf den allgemeinen Nutzen der Fernsprech-Anlagen die kostenfreie Benutzung ihrer Häuser zur Anbringung von Leitungs-Stützpunkten gestatten.

Fig. 31.



Die eisernen Rohrständer, welche man allgemein für oberirdische, über die Dächer der Gebäude zu führende Fernsprech-Leitungen verwendet, bestehen aus zwei Rohren von 5 Mm. Wandstärke. Der untere Theil hat 75 Mm., der obere 67 Mm. äusseren Durchmesser. Beide werden durch Gewinde in einander befestigt. (Fig. 31.) Hat die Strecke mehr als zwölf Leitungen, oder steht eine Vermehrung bis zu dieser Zahl in Aussicht, so befestigt man zwei Rohre in 2·4 Mtr. Abstand von einander, wie dies Fig. 32 veranschaulicht. Die Länge der Rohrstände richtet sich nach den örtlichen und statischen Verhältnissen, wie auch nach der Zahl der Leitungen. Kann man ohne Gefährdung der Festigkeit bei zahlreichen Leitungen die Ständer nicht verlängern, so rückt man sie weiter auseinander, um den für die Leitungen nöthigen Platz

Digitized by Google

zu gewinnen. Bei mehr als 40 Leitungen werden dreifache Ständer verwendet.

Die Isolatoren werden an Querträgern befestigt, welche aus zwei 40 Mm. breiten und 6—7 Mm. starken Flacheisen durch Vernieten gebildet sind. Die Fig. 14 und 15 auf S. 27 geben die näheren Details hiefür. Die Nieten haben einen 10 Mm. starken Schaft mit ange-

Fig. 32.

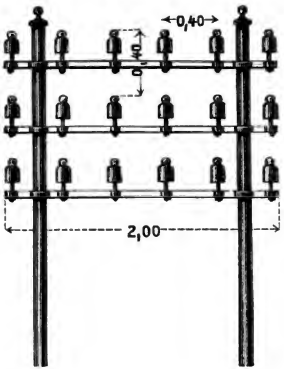
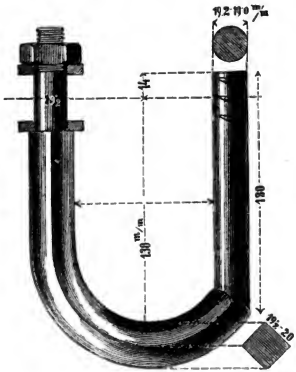


Fig. 33.



stauchtem Kopf. Der Abstand der Flacheisen beträgt 40 Mm. zwischen den beiden Aussenflächen, derselbe wird durch Ringe aus 6—7 Mm. starkem Flacheisen fixirt, durch welche die Nieten gesteckt sind. An jedem Ende des Querträgers und in der Mitte zwischen je zwei Isolatorstützen ist eine Nietung anzubringen. Um die Träger nicht zu schwächen, lässt man bei solchen mit nur einem Rohrständer in der Mitte die Nietung fort und setzt statt dessen zwei Nieten zu beiden Seiten in

Digitized by Google

circa 10 Cm. Entfernung. Zur sicheren Befestigung und besseren Haltbarkeit bringt man eventuell in der Mitte der Flacheisen 23 Cm. lange und 5·5 Cm. breite Verstärkungsplatten an, die man mit einem 1 Cm. tiefen runden Ausschnitt für den Rohrständer versieht. Der Abstand der einzelnen Querträger unter sich beträgt 50 Cm., die Entfernung der Isolatoren 40 Cm. Gewöhnlich verwendet man gerade Isolatorstützen. An Stellen jedoch, wo man fast senkrecht nach unten abzweigen will, ist die in Fig. 33 abgebildete krumme Stütze zu verwenden, damit der Leitungsdraht ohne Berührung von Eisentheilen an den Trägern leicht vorbei geführt werden kann.

Besondere Rücksicht auf die Anordnung der Leitungsdrähte an den Gestängen hat man da zu nehmen, wo Störungen im Betriebe durch Induction entstehen könnten (s. den VI. Bd. dieser Bibliothek). Die Erfahrung hat gelehrt, dass im Allgemeinen, besonders bei zahlreichen Leitungen bis zu 2·5 Km. Länge, die Induction gewöhnlich so schwach auftritt, dass eine besondere Vorkehrung dagegen nicht nöthig ist. Bei längeren Leitungen, welche das Stadt-Fernsprechnetz mit Nachbarorten verbinden, die gewöhnlich nur in geringer Zahl erforderlich sind, ermittelt man eventuell erst nach Fertigstellung der Linien diejenige Strecke, auf welcher die Induction am störendsten auftritt. Da die Erscheinungen ganz unregelmässig sich zeigen und oft von einer Leitung andere, entferntere Leitungen, nicht die zunächst gelegenen, inducirt werden, so kann man auf längeren Linien von vornherein die Drähte in ihrer Stellung zu einander wechselnd verbinden. Will man die Gruppirung

Digitized by Google

der Leitungen systematisch wechseln, so wendet man die auf Seite 52 abgebildeten Console an. Dieselben werden an jedem dritten oder vierten Stützpunkte angebracht, so dass die Leitungen beiderseits an den Isolirköpfen endigen. Hierauf verbindet man durch isolirte Drähte (z. B. durch mit Bleirohr umgebene Gummi-Adern) die Leitungen derartig miteinander, dass an jedem der mit Consolen versehenen Stützpunkte die Plätze der Leitungen wechseln. (Nr. 6 des Archivs für Post und Telegraphie, vom März 1883, bringt über die Inductions-Erscheinungen der Berliner Fernsprech-Leitungen interessante Details.)

Die Rohrständer werden entweder an den Giebel- und Zwischenmauern, oder an dem Gebälk der Dachbalkenlage, respective den Dachsparren mit eisernen Bügeln befestigt. Die Befestigung an Mauern ist nach Möglichkeit zu vermeiden, da hier das Tönen der Leitungen schwer zu beseitigen ist. Der von zwei Schellenbändern gehaltene Rohrständer ist überall da, wo er andere Eisentheile, respective Balken oder Mauern berührt, mit mehrfachen Lagen von Bleiblech bis 8 Mm. Stärke zu umgeben, um die Schallübertragung der tönenden Drähte auf das Haus nach Möglichkeit zu hindern. Neuerdings verwendet man statt Bleiblech einen 15·5 Cm. langen, 7·5 Cm. breiten und circa 3 Mm. starken Gummistreifen mit Stoffeinlage. Damit der Rohrständer in den Schellen sich nicht drehen, oder tiefer rutschen kann, hat derselbe am unteren Ende einen starken Stift, welcher in eine entsprechende Kerbe des oberen Randes am unteren Schellenbande passt. Helfen all' diese hier oben und auf Seite 49 dieses Bandes gegebenen Massregeln

Digitized by Google

nicht, so schaltet man an dem betreffenden Isolirkopfe eine 1 Mtr. lange Kette ein, welche in der Mitte am Isolator mit Gummiunterlage festgebunden ist und an den Enden Porzellanrollen trägt. An diese wird der Leitungsdraht mit Gummiunterlage befestigt und ein besonderer Verbindungsdraht über die Kette und den Isolator hinweg verlöthet.

Die specielle Befestigungsweise der Rohrständer und Isolatoren ist nach Art des Daches und des Zweckes eine sehr verschiedene und muss daher hier füglich übergangen werden. Einige Normal-Constructionen findet man in den früher genannten Werken.

Zwischen je zwei Rohrständern wird an zwei horizontalen Halseisen ein Trittbrett befestigt, welches das Aufbringen der Isolations-Vorrichtungen und Leitungen bedeutend erleichtert.

Die Dächer sind nach Möglichkeit durch aufgelegte Bretter vor Beschädigungen zu schützen.

Die erforderliche Verankerung der Gestänge geschieht durch vier- bis achtfachen 4 Mm.-Eisendraht oder durch Stabeisenanker, die öfter noch mit einer Spannvorrichtung versehen werden.

Auf die Abdichtung zwischen Rohrständer und der Abdeckung ist die grösste Sorgfalt zu verwenden. Je nach Art der Bedachung ist auch die Dichtung eine sehr verschiedene. Für Papp- und Schieferdächer versieht man den Rohrständer mit einer festgelötheten Zinkblech-Tülle, welche mit einem Spielraum von 5 Mm. eine auf der Verschalung des Daches mit grosser Platte versehene Tülle überdeckt. Bei Eindeckung mit Dachpfannen führt man den Rohrständer durch eine Bleiplatte

Digitized by Google

von der Form einer Dachpfanne und verlöthet dieselbe am Rohrständer.

Das Aufbringen der Fernsprech-Leitungen geschieht in folgender Weise: Auf einer, etwa 1 Km. langen Strecke, werden auf den Dächern, welche zuvor mit Stützpunkten versehen sind, Arbeiter postirt. Jeder Arbeiter erhält eine dünne, lange Leine, deren Enden er auf die Strasse in Flucht der Leitung hinunterwirft. Alle Leinen werden fest verknüpft, so dass die ganze Strecke entlang eine continuirliche Leine liegt. Der Leitungsdraht ist auf leichte Trommeln gewickelt, von denen an jedem Ende eine an die Isolatorenträger gehängt wird. Das Ende des Drahtes wird mit der Leine verknüpft. Mit Hilfe derselben befördert man nun den Leitungsdraht über die Dächer der Häuser hinweg, wobei man eine zweite Leine mitlaufen lässt. Der am anderen Ende sich anhäufende Theil der Leine wird auf eine Trommel aufgewunden. Die Arbeiter auf den Dächern heben den Draht und helfen ihn vorwärts bewegen. Die zweite Leine dient zum Zurückziehen der ersten, wobei ein zweiter Draht mitbefördert wird. So geht die Arbeit fort, bis alle Leitungen gestreckt sind. Das Festbinden des Drahtes erfolgt nach den Seite 49 und 50 gegebenen Normen. Auf diese Weise bringt man an einem Gestänge 30 und mehr Leitungen an, ohne den Verkehr in den Strassen wesentlich zu hindern.

Um die Gebäude vor Blitzschaden zu sichern, kann man das eiserne Gestänge auf denselben mit einer Erdleitung versehen (s. darüber S. 158 ff.). Auf Gebäuden, welche schon eine Blitzableiter-Anlage haben, wird das Gestänge mit dieser metallisch gut verbunden. Ob die Anlage von

Digitized by Google

Blitzableitern für die auf den Häusern befindlichen eisernen Gestänge nöthig ist, dürfte schwer zu erweisen sein. Zahlreiche, über die Häuser hinweg führende Leitungen thun sicherlich gleiche Dienste, da dieselben stets nur wenige Kilometer lang und in den zahlreich zerstreut liegenden Fernsprechstellen genügende Erdableitung haben. Ueberall da jedoch, wo z. B. Eisenmassen in Nähe des Gestänges sich befinden, ist entschieden die Anlage einer Blitzableitung und deren Verbindung mit den Metallmassen zu empfehlen, weil der Blitz erfahrungsmässig an solchen Orten leicht überspringt und nicht ausschliesslich die Leitungen verfolgt.

Die Anlage oberirdischer Leitungen für die Zwecke der elektrischen Beleuchtung geschieht in analoger Weise wie bei der Leitung für die Verkehrstelegraphie. Mit Rücksicht auf die starke Belastung der Isolations-Vorrichtungen durch die oft sehr starken und schweren Kupferleitungen ist die Anwendung besonders starker und langer Stützen zu empfehlen, die zur Anbringung in Mauern eventuell mit vorstehenden Lappen versehen werden. Beachtet man diese Vorsichtsmassregeln nicht, so biegen sich die Stützen entweder krumm, oder falls sie nicht tief genug befestigt sind, brechen sie aus dem Mauerwerk heraus.

Harter, massiver Kupferdraht ist nicht zu empfehlen, weil er sich sehr schwer handhaben lässt; man wird denselben also (wo man nicht Seile nimmt) weich anwenden. Der Draht ist vorher möglichst gerade auszulegen und zu recken, da sonst der Durchhang sehr unregelmässig wird und die Leitungen bei vielen Wellen und Knicken einen unschönen Anblick bieten. Das Reguliren vor dem

Digitized by Google

Festbinden geschieht am leichtesten mit zwei Flaschenzügen, besonders wo die Leitungen im Winkel anzulegen sind. Für einzelne Bogenlichter haben wir die Drahtstärken für die verschiedenen Entfernungen schon S. 39 besprochen. Wählt man ein isolirtes Drahtseil, so kann man bis 1000 Mtr. Gesammtlänge ein solches von 19 Drähten, jeder zu 0·8 Mm. Stärke verwenden; längere Leitungen werden entsprechend dicker gewählt.

Will man Theilungslicht anwenden, das heisst mehrere Bogenlichtlampen in einem Stromkreis hinter einander (oder auch Glühlichtlampen in Parallel-Serien hinter einander) schalten, so sind die Widerstände der Leitungen für die Drahtstärken, wie nachstehende Tabelle zeigt, zu berücksichtigen.

Für eine Maschine von		ist der zulässige Leitungswiderstand Ohms	Anzahl der zu speisenden Lampen		
Volt Klemmspannung	Ampère Stromstärke		Edison B	zu schalten parallel in Serien	für Bogenlicht à 1200 N.K.
55	7	0·6	10	1	—
105	8	0·6	22	2	2
160	8	1·2	33	3	2—3
265	8	2·0	55	5	4—5
420	8	2·5	88	8	6—8
630—730	8	4·0	132—154	12—14	8—12

Digitized by Google

Diese Angaben werden sich je nach den elektrischen Dimensionen der verschiedenen Lichtmaschinen und der Länge der Leitungen entsprechend ändern. Obige Tabelle, welche für die Gleichstrom-Maschinen von Schuckert gilt, ist hier nur als Beispiel herausgegriffen. Um den Widerstand der verschiedenen Drahtstärken zu ermitteln, mögen folgende Angaben als Anhalt dienen:

Drahtstärke in Mm.

7	6·5	6	5·5	5	4·5	4	3·5	3
0·043	0·050	0·058	0·070	0·085	0·104	0·13	0·17	0·24

Widerstand pro 100 Mtr. in Ohm.

Drahtstärke in Mm.

2·5	2	1·5	1
0·34	0·53	0·94	2·12.

Widerstand pro 100 Mtr. in Ohm.

Absolut sichere Zahlen lassen sich hier nicht angeben, wie das in der Natur der Sache begründet ist. Die chemische Beschaffenheit und die Art der Bearbeitung des Materials modificiren die Widerstände in erheblicher Weise, so dass man gut thut, jedes Material durch genaue Messungen auf Widerstand vorher zu prüfen.

Handelt es sich um Entfernungen von über 1000 Mtr., so nimmt man 4 Mm.-Kupferdraht, respective ein Seil von gleichem Kupfer-Querschnitt und berechnet den Widerstand nach obiger Tabelle.

Multiplicirt man den erhaltenen Widerstand mit 8, so erhält man den Spannungsverlust. Durch Erhöhung der Tourenzahl (so weit dies die Maschine zulässt) oder durch Fortlassung von Lampen kann man den zu grossen Spannungsverlust wieder einbringen. Die Erhaltung der Höhe des Betriebsstromes ist unter allen Umständen nöthig.

Digitized by Google

Für Glühlicht mit Parallelschaltung aller Lampen (wobei zwei Edison B-Lampen zu 8 N.-K. = einer A-Lampe zu 16 N.-K. hinter einander geschaltet werden können) berechnet man die Drahtstärken derart, dass der Verlust in den Leitungen nur 5—10% beträgt. Für eine Anlage von fünf A-Lampen stellen sich demnach die Dimensionen der Hauptleitungen wie folgt:

Länge L in Mtr.	Leitungs-Durchmesser in Mm.	Q-Querschnitt in Qu.-Mm.
100	1	0·785
200	1·4	1·57
300	1·7	2·36
400	2·0	3·14
500	2·3	3·93
600	2·5	4·72
700	2·7	5·5
800	2·8	6·28
900	3·0	7·07
1000	3·2	7·85

Beträgt für eine grössere Anlage, bei welcher z. B. die Schaltung Fig. 34 angewendet ist, die Zahl der Lampen n *A*, so ist der Querschnitt für die entsprechende Länge für die Rückleitung

$$Q^1 = \frac{n}{5} Q$$

und für die beiden Hauptleitungen

$$Q^2 = \frac{n}{7} Q.$$

Bei geringer Länge der Leitungen verwendet man für alle drei Leitungen den stärkeren Querschnitt, da das

Digitized by Google

Kupferquantum und somit der Preis hierdurch wenig sich ändern und bei Glühlicht die Stärke der Leitungen nicht zu knapp bemessen werden darf.

Bei Compound-Dynamo-Maschinen muss der Widerstand der Leitungen sehr gering sein, falls bei gleicher Tourenzahl beliebig viel Lampen brennen sollen, ohne Einschaltung von Widerständen; und zwar dürfen z. B. bei den Maschinen von Schuckert folgende Widerstände nicht überschritten werden:

Modell	Widerstand
J. L. $^1/_2$ Compound	0·70 Ohm
J. L. 1 »	0·30 »
J. L. 2 »	0·20 »
J. L. 2*a* »	0·14 »
J. L. 3 »	0·10 »
J. L. 4 »	0·07 »
J. L. 5 »	0·05 »
J. L. 6 »	0·018 »

Für grössere Entfernungen steigt der Kupfer-Querschnitt und damit auch der Preis in so erheblichem Masse, dass man eine Parallelschaltung selten durchführen, sondern die Serienschaltung, wie sie auf S. 82 besprochen ist, anwenden wird.

Zur Erläuterung der verschiedenen Schaltungsweisen mögen die Skizzen Fig. 34—36 (S. 86) dienen.

M stellt die Maschine, die kleinen Kreise *L* die Lampen dar. Bei solcher Schaltungsweise vertheilt sich der Strom gleichmässiger, als wenn man nur zwei parallele Drähte von der Maschine bis zur letzten Glühlichtlampe anwendet; die Lampen brennen in Folge dessen alle gleich hell.

Digitized by Google

Es dürfte hier am Platze sein, die Massregeln zu besprechen, welche zur Sicherung gegen Feuersgefahr und zum Schutze des Lebens nothwendig erscheinen. Nur wenn man mit Umsicht allen in dieser

Fig. 34.

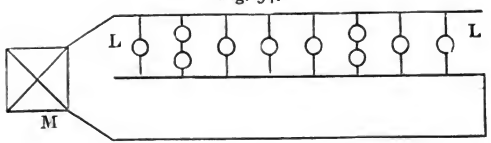


Fig. 35.

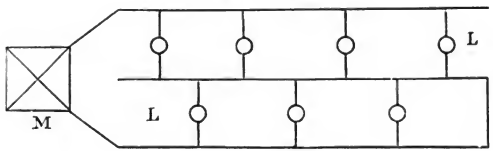
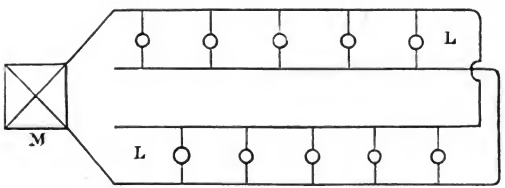


Fig. 36.



Beziehung zu stellenden Anforderungen in peinlichster Weise Rechnung trägt, bietet die elektrische Beleuchtung eine fast absolute Garantie der Ungefährlichkeit. Für alle Fälle giltige Regeln lassen sich hierbei nicht aufstellen; doch giebt es gewisse Principien, nach denen man stets verfahren sollte.

Digitized by Google

Aehnlich geht's jetzt bei den elektrischen Beleuchtungs-Anlagen. Auch hier wollen wir an einem Beispiel sehen, wie nothwendig es ist, nur erfahrenen, tüchtigen Ingenieuren derartige Ausführungen anzuvertrauen. Einem durchaus unerfahrenen, nicht mit den nöthigen Kenntnissen ausgestatteten Manne wurde die Beleuchtung eines grösseren öffentlichen Gartens mit elektrischem Licht übertragen, weil derselbe billiger in seiner Forderung war, als eine anerkannt tüchtige Firma. Alle Abende gingen einigemale die Lampen aus, und nach einem Jahre versagte die Anlage ganz. Die Garantiezeit war vorüber; das Geld für die Anlage war bezahlt. Der Unternehmer wurde geholt; er probirte tagelang und erklärte schliesslich, er könnte die Sache nicht mehr in Gang bringen, da er keine Zeit hätte. Die Untersuchung durch Sachverständige ergab, dass in sämmtlichen Leitungen fast keine Löthstellen, sondern nur unverlöthete, oxydirte Würgestellen vorhanden waren; auch gab die Maschine in Folge lockerer Verbindungen zwischen den Elektromagneten keinen Strom. Nach achttägiger Arbeit waren alle Mängel beseitigt und die Lampen brannten besser wie zuvor. — Möchten diese Thatsachen Unberufene abhalten, sich nicht in Dingen zu versuchen, welche die ganze Kraft, die ganze Intelligenz eines Mannes erfordern, ja ein unausgesetztes Studium und lange Erfahrungen unentbehrlich machen. Diejenigen aber, welche Beleuchtungs-Anlagen in Bestellung geben, könnten viel zur Beseitigung solcher Pfuschereien beitragen, wenn sie anerkannt tüchtigen Leuten die Ausführung übertragen oder sich doch wenigstens bei solchen Rath holen wollten. Eher gebe man einem tüchtigen Manne, wenn er auch

Digitized by Google

theuerer ist, den Vorzug, als dass man billig und schlecht bedient werde. Mit dem elektrischen Fluidum lässt sich eben nicht so umspringen, wie mit Gas und Wasser.

Als die Aera der elektrischen Haustelegraphie in voller Blüthe stand, wollte nicht nur jeder Mechaniker, welcher elektrische Apparate baut, also einiges Verständniss für die Sache hatte, derartige Anlagen machen, sondern auch jeder Schlosser, der noch nie von Elektricität ein Wörtchen gehört, versuchte sich darin. Die Folge davon war, dass in des Wortes vollster Bedeutung gepfuscht wurde, und noch heute gepfuscht wird. So hat Verfasser bei einem Freunde erst vor Kurzem eine Anlage gesehen, bei welcher blanker Eisendraht theils mit blanken Nägeln, theils auf rohen Holzrollen 30 Cm. über dem Boden an einer feuchten Gartenmauer circa 300 Mtr. weit geführt war. Die Anlage hatte in Folge dessen die gute Eigenschaft, dass bei feuchtem Wetter die Glocke nicht ansprach und Abends niemand mehr Einlass ins Haus erlangen konnte. Solche Charlatane lassen sich dann 20—25 Pfennige pro laufenden Meter bezahlen und werden hinterdrein noch grob, wenn man sich über mangelhaftes Functioniren ihrer so schauderhaft angelegten Leitungen beklagt.

Wenn auch die Schutzmassregeln gegen Gefahr durch elektrische Beleuchtung zum Theil in das Capitel der inneren Einrichtungen gehören, so wollen wir sie doch hier des Zusammenhanges halber vollständig bringen.

Das »Journal of the Franklin Institut« giebt folgende Vorschriften*):

---

*) Nach F. Holthof, Die elektrische Beleuchtung. 1882, S. 132.

Digitized by Google

1. Im Gebäude und an der Maschine sind die Leitungen zu isoliren.

2. Es sind regelmässig sich wiederholende Besichtigungen der Leitungen vorzunehmen.

3. Der Draht soll nach Möglichkeit aus einer Ader bestehen, also wenig Enden enthalten. Die Verbindungen und Isolirungen sind gut herzustellen.

4. Es ist stets metallische Hin- und Rückleitung zu wählen. Erdleitungen sind nicht gestattet. Eisentheile, insbesondere Gas- und Wasserrohre dürfen die Drähte nicht berühren. Kreuzungen sind sorgfältig zu isoliren.

5. Paralleldrähte sollen mindestens 10 Cm. von einander entfernt sein. Die Wände sind an möglichst weit von einander entfernt liegenden Stellen für die Hin- und Rückleitungen zu durchbrechen. Die Drähte sollen möglichst wenig herabhängen. Feuchte Wände sind zu vermeiden. Die Drähte sind womöglich stets an der Decke entlang zu führen, nicht an den Zwischenwänden oder gar am Fussboden. Zur Befestigung der Leitungen verwende man Holzleisten mit Einschnitten.

6. Die Drähte sollen so stark sein, dass sie sich nicht erhitzen.

7. Dieselben dürfen nicht erreichbar sein, oder, wo dieses der Fall ist, sind sie gut zu isoliren.

8. Die Bogenlichtlampen sind in mit Draht beflochtenen Glasglocken mit Aschenteller einzuschliessen.

Aus obigen Regeln wird jeder tüchtige Unternehmer in allen Fällen die nöthigen Vorsichtsmassnahmen herausfinden können. So wird man z. B. in feuchten Fabriksräumen die Leitungen am besten auf kleinen Porzellan-Isolatoren befestigen. In trockenen Räumen, wie in Mühl-

Digitized by Google

zimmern, kann man vortheilhaft ganz flache, breite Holz-Canäle an den senkrechten Wänden durch alle Etagen hindurchführen. In diesen befestigt man die Drähte, oder trennt sie von einander noch besonders durch Holzleisten. Der Deckel des Canales ist aufgeschraubt und kann leicht zur Controle entfernt werden. Auf diese Weise sind Berührungen absolut vermieden, sowohl der Drähte untereinander, als auch durch Personen.

Da bei einer guten Beleuchtungs-Anlage die Feuersicherheit weitaus grösser ist, sucht man vielfach die Feuerversicherungs-Gesellschaften zu bewegen, die Beiträge (Prämien) herabzusetzen, wozu sich dieselben in Kurzem ja doch werden entschliessen müssen. Vorläufig suchen sie sich dessen zu erwehren, indem sie vorgeben, die Erfahrung hätte noch nicht gelehrt, dass das elektrische Licht mehr Sicherheit als Gas gewähre. Ja sie möchten am liebsten von der Einführung desselben abrathen, weil diese Beleuchtung noch zu unsicher wäre. Solches Vorgehen dürfte mehr auf Unkenntniss der Sache, oder doch, gelinde gesagt, auf Antipathie beruhen. Herr Dr. Werner Siemens hat, über diesen Gegenstand befragt, geäussert: Für alle Fälle giltige Vorschriften liessen sich nicht geben und der einfachste und sicherste Schutz vor Feuersgefahr durch elektrische Beleuchtung wäre der, nur tüchtigen Leuten die Ausführung solcher Anlagen zu übertragen und dieselben für allen, aus fehlerhafter Anlage entspringenden Schaden eventuell verantwortlich zu machen.

So theilt Uppenborn in seinem Centralblatt 1883, S. 149, in Bezug auf die Sicherheit der elektrischen Beleuchtung Folgendes mit: Der Leuchtthurm von South-

Digitized by Google

Foreland ist seit 1858 elektrisch beleuchtet. Die Resultate waren so gut, dass man sehr bald mehrere Leuchtthürme mit diesem Lichte versah. Ueber die Leuchtthürme von La Hève wurde 1879 berichtet, dass innerhalb sechs Jahren nur zwei Betriebsstörungen eintraten; die eine in Folge Beschädigung der Dampfmaschine, die andere durch Unachtsamkeit des Wärters. Trotzdem nahm man 1873 für den Leuchtthurm von Norderney Oellicht, wegen angeblicher Unsicherheit der elektrischen Beleuchtung.

Die Feuerversicherungs-Gesellschaften stellen in Folge dessen theilweise Forderungen, die nicht allein zu weit gehen, sondern auch die Einführung des elektrischen Lichtes zu hindern geeignet sind.

Wenn eine Petroleumlampe explodirt oder umgeworfen wird, so dürfte dabei viel mehr Feuersgefahr sein, als beim Zerbrechen einer Glühlichtlampe, der Gefahren des Leuchtgases gar nicht zu gedenken. (Man denke nur an Irland.) Der Gasbehälter einer Gasbereitungsanstalt kann mehr Verderben bringen, als die ganze Edison'sche Central-Station der Pearlstreet in New-York. Die Herren Crompton und Gordon haben in der »Times« die Vorschriften veröffentlicht, welche die Phoenix Fire Insurance Office für Installationen von elektrischem Lichte gegeben hat (compiled by Mr. Heaphy*).

Man scheint jedoch hier in den Schutzvorschriften zu weit gegangen zu sein. Der obige Vorschlag des Dr. Siemens giebt wohl das einfachste und sicherste Schutzmittel, es kann daher von einer Wiedergabe der Vorschriften füglich Abstand genommen werden.

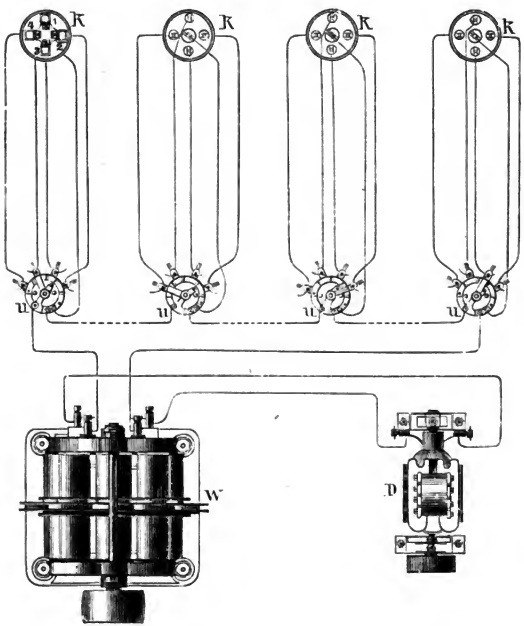
---

*) J. A. Berly's electrical directory and advertiser 1883, S. 343.

Digitized by Google

Die Herren Crompton und Gordon glauben, wenn bestimmte und wohl verstandene Regeln bei Einrichtung der Installation des elektrischen Lichtes beobachtet werden,

Fig. 36 *a*.



dass dasselbe absolut einer Feuersgefahr vorbeugt, und obgleich die Elektricität jetzt in noch geringem Masse zur Anwendung kommt, wird sie doch in sehr kurzer Zeit gerade so viel wie Gas und Wasser gebraucht werden.

Digitized by Google

Der Vollständigkeit halber möge noch ein Stromlauf für Wechselstrom hier angefügt werden. Fig. 36 *a* zeigt die Schaltung von 4 Jablochkoff-Lampen *K* mit je 4 Kerzen und Umschaltern *U*. Als Stromerzeuger ist eine Siemenssche Wechselstrom-Maschine *W* mit einer kleineren dynamischen *D* angedeutet. Im Uebrigen verweisen wir auf Bd. III und XI dieser Bibliothek.

In Bezug auf die Haustelegraphen-Leitungen wäre wohl kaum noch etwas hinzuzufügen, da die Normen, welche für die Verkehrstelegraphie und das Fernsprechwesen gegeben wurden, in gleicher Weise auch hier Giltigkeit haben. Ebenso bietet der Leitungsbau für die Zwecke der Feuerwehr- und Polizeitelegraphen, zur Kraftübertragung oder für elektrische Wasserstandszeiger etc. kaum besondere Momente, die hervorzuheben wären. Was die Kriegsleitungen betrifft, so wird aus den früher genannten Gründen auf Bd. XV dieser Bibliothek verwiesen.

Die Leitungen für den Betrieb von elektrische n Eisen bahnen haben gleichfalls einen ganz speciellen und von den übrigen elektrischen Leitungsanlagen abweichenden Charakter, der mit speciellen Einrichtungen solcher Bahnen eng verknüpft ist. Wir müssen deshalb auf eine Beschreibung derselben an diesem Orte verzichten und verweisen auf Bd. XVII dieser Bibliothek.

Wenden wir uns jetzt zu einer besonderen Art Leitungen, nämlich zur Herstellung versenkter Telegraphen-Linien.

Digitized by Google

V.

Herstellung versenkter Telegraphen-Linien (Kabel-Linien).

Bei der Anlage der ersten Telegraphen-Linien hatte man sich, durch die Vortheile grösserer Sicherheit der Anlage und des Betriebes, bestimmen lassen, dieselben unterirdisch anzulegen. Die üblen Erfahrungen, welche man mit dieser Art von Leitungen machte, hatten weniger das System zur Ursache, als die Unvollkommenheit der Technik, die ungünstigen Zeitumstände und die enormen Herstellungskosten. Man verliess daher das unterirdische System im Allgemeinen. Fortan dienten also, ca. $^1/_4$ Jahrhundert hindurch, fast ausschliesslich oberirdische Leitungen der Verkehrstelegraphie. Die Anwendung von Kabeln blieb in dieser Zeit mit wenig Ausnahmen auf die Ueberschreitung schiffbarer Wasserläufe, Strassen verkehrsreicher Städte, Tunnels, Bahnhofsgeleise, überhaupt auf Orte beschränkt, wo oberirdische Leitungen nicht angewendet werden konnten.

Die immer umfangreicher werdende Benutzung des Telegraphen führte namentlich in den letzten Jahren zu

Digitized by Google

einer solchen Vermehrung der Leitungen, dass die Gestänge theilweise mit Drähten überlastet sind. Mit dieser grösseren Zahl der Leitungen treten aber auch Betriebsstörungen in erhöhtem Masse auf, welche die Abwickelung der Correspondenz in empfindlicher Weise fast täglich auf Linien mit vielen Leitungen beeinträchtigen.

Wenngleich die Fabrikation der Kabel anfangs noch unvollkommen war, so gelang es doch, namentlich seit Anwendung der Guttapercha statt des Kautschuks, die Isolation zu einer Vollkommenheit zu bringen, dass Betriebsstörungen kaum mehr vorkommen. Trotzdem blieb man bei den oberirdischen Leitungen lediglich aus ökonomischen Gründen. Das Bedürfniss einer sicheren Uebermittelung von Nachrichten drängte jedoch zur Herstellung besserer Verkehrsadern. Man entschloss sich daher endlich, in richtiger Erkenntniss und Würdigung der Sache, zur Herstellung versenkter Telegraphen-Linien. Deutschland machte zuerst den Versuch, unterirdische Leitungen in grösserer Ausdehnung anzuwenden, nachdem zuvor schon in den letzten zehn Jahren eine grössere Zahl Meeres-Kabel in Betrieb gekommen waren.

Die erste grössere unterirdische Linie baute die Firma Felten & Guilleaume 1876 von Berlin nach Halle. Bis Mitte 1881 war das unterirdische Leitungsnetz Deutschlands auf 5463·95 Km. mit 37.372·83 Km. Einzel-Leitungen erweitert.

Im Ganzen wurden hierzu 58 Monate und rund 30,200.000 Mark in Anspruch genommen. Dieses unterirdische Leitungsnetz verbindet 221 Städte miteinander.*)

*) Archiv für Post und Telegraphie 1881, S. 538.

Digitized by Google

Die Ausführung dieser Art Leitungen unterscheidet sich von den Arbeiten bei den oberirdischen wesentlich dadurch, dass hier der Leitungsdraht schon isolirt zur Baustelle kommt und sowohl die Natur des Isolirungsmaterials, als auch die Construction, eine sorgsamere Behandlung der ganzen Anlage erheischt. Die Guttapercha wird in der Wärme leicht weich, in Folge dessen müssen die Kabel stets vor Wärme, besonders vor der Sonne geschützt werden, ehe man sie in die kühle Erde oder unter Wasser versenkt.

Aus gleichem Grunde wird man auch das Abwickeln und Verlegen der Kabel womöglich in den kühleren Tagesstunden vornehmen.

Im Allgemeinen unterscheidet man zwar verschiedene Arten: unterirdische, Fluss- und Meeres-Kabel; alle sind jedoch im Princip gleich construirt und bei allen zielt das Verlegen darauf ab, sie durch Versenken unter die Erde oder unter das Wasser der Wärme und Beschädigung möglichst zu entziehen.

Für die verschiedenen Zwecke ist besonders die Construction der Schutzhülle eine verschiedene und die Art der Verlegung natürlich auch verschieden.

Ehe wir das Legen der Kabel kennen lernen, betrachten wir zunächst:

1. Die Construction, Herstellung und Prüfung der Kabel.

Die Construction der Kabel ist eine sehr verschiedene; wir wollen als Beispiel das, in so grosser Ausdehnung verwendete, Telegraphen-Kabel der deutschen Post- und

Digitized by Google

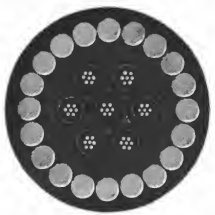
Telegraphen-Verwaltung betrachten. Es besteht aus vier Theilen: aus

dem Leiter,
der Isolirung,
der Zwischen-Isolirschicht und
der Schutzhülle.

Fig. 37 giebt einen Querschnitt dieses Kabels in natürlicher Grösse.

Der im Kabel verwendete Leiter besteht aus sieben 0·6 Mm. starken Kupferdrähten, welche zu einer Litze zusammengedreht sind. Dieselbe soll den Strom ungeschwächt fortleiten. Zu diesem Zwecke ist die Litze der ganzen Länge nach mit je zwei Schichten Chatterton-Compound und Guttapercha abwechselnd umgeben. Diese, circa 5 Mm. starke, Gummi-Ader ist sehr sorgfältig hergestellt, damit keine Luft mit eingeschlossen wird, weshalb auch die verseilten Kupferdrähte zuerst eine Schicht Compound und dann eine Guttapercha-Schicht erhalten. Zur Verbindung der zweiten Guttapercha-Schicht mit der ersten dient gleichfalls Compound.

Fig. 37.



Die fertige Guttapercha-Ader wird auf Isolation und Leitungsfähigkeit mit den feinsten galvanischen Mess-Instrumenten untersucht. Die Untersuchungs-Methode werden wir später kennen lernen.

Die Zwischen-Isolirschicht besteht aus einer Hanf-Umspinnung und bezweckt sowohl, die Guttapercha-Umhüllung vor Beschädigungen durch die Schutzdrähte

Digitized by Google

zu bewahren, als auch die Berührung der Guttapercha mit der Luft oder mit dem Erdreich zu hindern. Bei mehreren Adern vereinigt man dieselben zu einem Seil, und umspinnt sie gemeinschaftlich mit getheertem Hanf in einer Stärke von 3—4 Mm.

Die Schutzhülle dient dazu, die Kabel-Adern vor böswilliger Beschädigung und überhaupt vor mechanischen Angriffen (Zernagen, Zerreissen) zu schützen. Dieselbe besteht aus circa 4 Mm. starken, verzinkten Eisendrähten, welche die mit Hanf umwickelten Kabel-Adern spiralförmig umgeben und fest aneinanderschliessen.

Die Stärke der Schutzhüllen namentlich ist je nach der Art der Verwendung bei den Kabeln verschieden, je nachdem sie als Erd-, Fluss-, See-, Ufer- oder Küsten-Kabel dienen sollen.

Für gewöhnlich giebt man den Kabeln 1—7 Adern; die Berliner Stadtleitung hat jedoch auch ein solches mit 14 Adern. Bei Erd- und Tiefsee-Kabeln verwendet man 4 Mm. starke Schutzdrähte, weil hier ein Durchhauen oder Zerreissen nicht so leicht zu befürchten steht. Fluss- und Ufer-Kabel erhalten noch eine zweite Schutzhülle aus circa 8 Mm. starken Drähten, da sie leicht durch Scheuern, Anker oder treibendes Eis beschädigt werden. Die Adern dürfen beim Verseilen keine Spannung erleiden; dieselbe muss vielmehr ganz auf die Schutzdrähte übertragen werden, so dass diese allein die absolute Festigkeit des Kabels ergeben. Die specielle Construction der Kabel ist für jeden Fall besonders zu vereinbaren. So sind z. B. die Kabel für die Linien Berlin-Halle-Mainz, beziehungsweise Leipzig und Berlin-Magdeburg in folgender Weise hergestellt:

Digitized by Google

Der Leitungsdraht einer jeden Kabel-Ader besteht aus einer Litze von sieben (0·60 Mm. für Halle und 0·63 Mm. für Mainz-Leipzig, 0·66 Mm. für Magdeburg starken) Kupferdrähten. Die zusammengesponnene Litze ist zunächst mit einer Lage Chatterton-Compound umgeben, dann mit einer Schicht Guttapercha, hierauf mit einer zweiten Lage Compound und schliesslich mit einer zweiten Schicht Guttapercha. Die auf diese Weise erhaltene Kabel-Ader hat eine Stärke von 5·0, beziehungsweise 5·15 Mm.

Sieben solche Adern sind in der Weise zu einer Kabelseele vertheilt, dass die eine Ader die sechs anderen spiralig umgeben. Auf die Kabelseele ist eine 3 Mm. starke Umspinnung von getheertem, 1·5 Mm. starken Hanf gewunden, welche mit 16 verzinkten, 4 Mm. starken Eisendrähten vollständig dicht umgeben ist. Die Drähte machen auf 230—260 Mm. Länge eine Umwindung links herum.

Die siebenaderige Kabelseele ist mit der Hanf-Umspinnung 18 Mm. stark; der Durchmesser des ganzen Kabels beträgt 26—26·2 Mm., und ist dasselbe in Längen von 800 Mtr. hergestellt.

Das Kabel für die Leipziger Linie ist vieradrig, mit 13 verzinkten, 4 Mm. starken Eisendrähten. Das Rheinkabel bei Mainz hat noch eine zweite Schutzhülle von 8·6 Mm. starken verzinkten Eisendrähten.

Das für die Linien Berlin-Hamburg-Kiel gelieferte Kabel ist ein wenig anders construirt. Es hat 7 Kupferdrähte von 0·67 Mm. Stärke. Die Adern sind rechts-, die Schutzdrähte linksherum verseilt. — Die bei der Umspinnung zwischen den neben einander liegenden Adern entstehenden

Digitized by Google

Vertiefungen sind durch hineingesponnene Hanfstreifen ausgefüllt, so dass die Kabelseele ein vollständig rundes Drahtseil bildet. Auf die Schutzdrähte ist eine Asphalt-Composition aufzutragen, darüber kommt eine Bekleidung von Jutehanf und auf diese eine zweite Lage Asphalt. Das Kabel ist in Einzellängen von 1500 Mtr. hergestellt.

Da eine Beaufsichtigung der Fabrikation insoferne Schwierigkeiten macht, als es nicht immer möglich ist, die einzelnen Stadien der Arbeit strenge zu controliren, so werden von den Telegraphen-Verwaltungen Bedingungen gestellt, welchen die fertigen Kabel genügen müssen, falls dieselben als betriebsfähig dem Fabrikanten abgenommen werden können. Hierdurch schon allein sind die Fabriken veranlasst, auf gute Herstellung die grösstmögliche Sorgfalt zu verwenden, und werden daher auch die Kabel-Adern nach jedem Ueberzuge von Compound oder Guttapercha auf Isolation und Leitungsfähigkeit genau geprüft, indem man sie während der Messungen im Wasser unter Druck hält. Die Methode der Messungen ist derjenigen vollständig gleich, welche bei der Abnahme von Kabeln vorgenommen wird.

Wir kommen somit zur

Prüfung der Telegraphen-Kabel. Die Prüfung erstreckt sich zunächst auf die Isolation und Leitungsfähigkeit.

Die Prüfung auf Ladung (man lese hierüber Band VIII und X dieser Bibliothek) ist zwar nicht nothwendig, dieselbe ist jedoch insofern von Wichtigkeit, als sie für die Prüfung auf Isolation zur Controle dienen kann. Die Erfahrung hat gezeigt, dass die Ladung mit Abnahme der Isolation wächst.

Digitized by Google

Von den Kabeln der Verkehrstelegraphie verlangt man bei 15 Grad Celsius eine Isolation von 500 Millionen Ohm Widerstand für das Kilometer, und eine Leitungsfähigkeit der Kupferdrahtlitze je nach der Stärke der verwendeten Kupferdrähte. So war für das S. 97 beschriebene Kabel Berlin-Halle bei 15 Grad Celsius auf das Kilometer 10, bei demjenigen für Berlin-Kiel 7·5 S.-E. Widerstand vorgeschrieben.

Zur Prüfung der Kabel auf das Vorhandensein der angeführten Eigenschaften sind erforderlich:

1. eine gute Batterie bis zu 100 Elementen;

2. ein gutes und möglichst empfindliches Spiegel-Galvanometer mit zugehörigem Zweigwiderstand (shunt);

3. ein Normal-Condensator von bekannter Ladungsfähigkeit, etwa von $^1/_2$ Mikrofarad;

4. ein grosser, bekannter Widerstand von 10 bis 100.000 Ohm;

5. eine Entladungs-Taste;

6. eine Tabelle, welche angiebt, um wieviel bei jedem Grad Temperatur-Erhöhung (von 15 Grad Celsius ausgehend) die Guttapercha an Isolationsvermögen ab- und die Kupferlitze an Widerstand zunimmt;*)

7. ein gutes, hunderttheiliges Thermometer.

Das zu messende Kabelstück wird mindestens drei Tage vor der Prüfung in eine mit Wasser gefüllte Cisterne gelegt, und werden die Enden nach ihrer Herausführung gut getrocknet.

Die Bestimmung der Leitungsfähigkeit, d. h. des Widerstandes der Kupferlitze, geschieht nach der Methode der Wheatstone'schen Brücke. Mit Rücksicht

*) Die Tabelle befindet sich im Anhang.

Digitized by Google

auf die geringe Länge der abzunehmenden Kabelstränge ist es empfehlenswerth, das Verhältniss der Brückenzweige nicht gleich, sondern wie 1 : 10 zu nehmen. Zum Messen wird eine Batterie von 10 Elementen benutzt. Dieselbe darf wegen der Empfindlichkeit des Spiegel-Galvanometers jedesmal nur auf ganz kurze Zeit geschlossen werden, um Ungenauigkeiten zu vermeiden, welche durch Erwärmung der Drähte und durch etwaige Polarisation in Folge zu langen Schliessens der Batterie herbeigeführt werden können.

Zur Vermeidung von Täuschungen, welche sehr leicht dadurch entstehen, dass durch das kräftige Einströmen der Elektricität in die Ader im ersten Augenblicke starke Nadelschwankungen erzeugt werden, wird die zu messende Ader unter Ausschluss des Spiegel-Galvanometers zuerst einen Augenblick direct an die Batterie gelegt.

Gemessen wird in der Weise, dass entweder:

a) die Ader an dem entfernten Ende an Erde gelegt wird, oder

b) dass mit Ausschluss der Erde je zwei Adern zu einer Schleife verbunden und zu den Polen der Batterie geführt werden.

a) Die Kabel-Ader liegt auf dem andern Ende an Erde:

Bei der Wheatstone'schen Brücke Fig. 38 verhalten sich die Zweige wie $r : \varrho = R : x$, worin R und ϱ die constanten Brückenwiderstände, R einen Rheostaten und x den zu messenden Widerstand bedeutet, woraus man

$$x = \frac{\varrho \cdot R}{r}$$

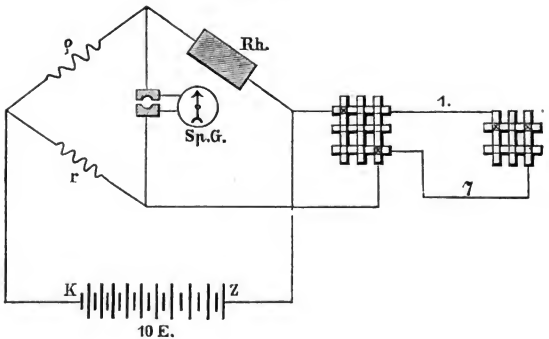
erhält, da die Grösse der Brückenzweige r und ϱ, somit

Digitized by Google

auch das Verhältniss bekannt ist. In der Praxis berechnet man x in der Weise, dass man den im Rheostaten Rh gefundenen Widerstand beim Ablesen gleich durch die Verhältnisszahl dividirt, woraus alsdann $x = R$ wird.

Dieses Resultat ist jedoch ungenau, da der Wärmezustand der Ader nicht mit in Rechnung genommen ist. Die Temperatur ist durch Einhängen des Thermometers

Fig. 38.



in die Cisterne bestimmt, dieselbe wird vor und nach der Messung abgelesen und zur Berechnung das Mittel aus beiden Ablesungen genommen. Den Werth für die gefundene Temperatur entnimmt man aus der Tabelle (entweder direct oder durch Interpolation) und multiplicirt mit demselben den für x gefundenen Widerstand. Bezeichnet man diesen Factor mit K, so ist der Widerstand der Kabellitze auf 15° C. reducirt.

$$x = \frac{\varrho}{r} . R . K.$$

Digitized by Google

Da ferner noch der Widerstand auf das Kilometer zu reduciren ist, der Widerstand aber im geraden Verhältniss zur Länge steht, so hat man den letzteren Werth noch durch die Länge L der zu prüfenden Litze, in Kilometern ausgedrückt, zu dividiren, so dass also der Widerstand derselben bei 15° C. ist

$$x = \frac{\varrho \,.\, R \,.\, K}{r \,.\, L}.$$

Auf diese Weise ist jede Ader des betreffenden Kabelstückes zu messen.

b) Die Adern sind unter einander in Schleife verbunden:

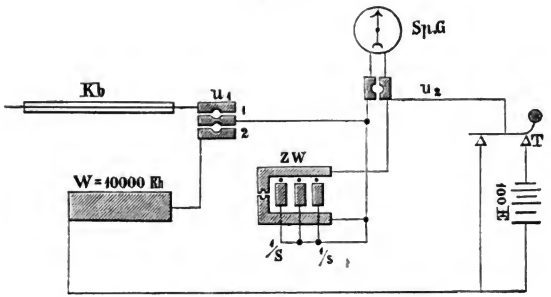
Es wird wie vorhin mit der Wheatstone'schen Brücke gemessen. Natürlich ist diese Methode nur bei Kabeln mit mehr als 2 Adern anwendbar. Nehmen wir z. B. ein siebenaderiges Kabel. Mit einer und derselben Ader, z. B. mit Nr. 7, werden nach einander die übrigen Adern in Schleife verbunden und an das Instrument gelegt. Alsdann misst man Ader 1 mit 4, 2 mit 5 und 3 mit 6. Es sind somit 9 Messungen zu machen. Durch Combination der Messungen $1 + 7 = p_1$, $4 + 7 = p_4$ und $1 + 4 = p_7$ erhält man den Werth der Ader 7, desgleichen durch die Combination der Messungen $2 + 7 = p_2$, $5 + 7 = p_3$, $6 + 7 = p_6$ und $3 + 6 = p_9$. Als Rechnungscontrole vermindert man die Summen der 6 ersten Messungen $1 + 7$ etc. bis $6 + 7$ um die Summen der drei letzten Messungen $1 + 4$, $2 + 5$, $3 + 6$, und dividirt die erhaltene Differenz durch 6, so muss das gefundene Resultat stets genau mit dem gefundenen Mittelwerthe für die Ader 7 übereinstimmen. Jeder gefundene Widerstand wird dann noch mit dem Coëfficienten K multiplicirt und

Digitized by Google

durch die Länge L dividirt, das Resultat ist der gesuchte Widerstand bei 15° C. und pro Kilometer. Letztere Messung hat allerdings den Vorzug, dass die Einwirkungen der Erdströme, welche mit Rücksicht auf die Empfindlichkeit des Mess-Instrumentes häufig sehr störend sind, gänzlich vermieden werden.

Man kann indessen dasselbe erreichen, wenn die Adern und der Batteriepol etc. an eine und dieselbe

Fig. 39.



Erde gelegt werden, eine Einrichtung, welche sich bei der Kabelabnahme leicht herstellen lässt. Dagegen ist die obige Methode für lange und ausgelegte Kabel gewiss die empfehlenswertheste.

Die Bestimmung der Isolation, d. h. des Guttapercha-Widerstandes, geschieht nach folgendem Schema. (Fig. 39.)

Sämmtliche Kabel-Adern sind an ihren Enden gut abgetrocknet zu isoliren. Zunächst hat man festzustellen, welcher Zweigwiderstand *Zw* des Spiegel-Galvanometers *Sp. G.* zu stöpseln ist, falls darüber nichts bekannt sein

Digitized by Google

sollte. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass das erhaltene Resultat um so genauer wird, je kleiner der Zweigwiderstand sein kann, weil in diesem Falle der Multiplicator, mit welchem die Spiegelablesung multiplicirt werden muss, um so kleiner wird, mithin auch die Beobachtungsfehler um so kleiner werden.

Der Zweigwiderstand ist stets ein bekannter Quotient des Widerstandes des Spiegel-Galvanometers. So ist z. B. das Thomson'sche Instrument meist mit einem Shunt von $^1/_9$, $^1/_{99}$ und $^1/_{999}$ des Galvanometer-Widerstandes versehen. Die Grösse des zu stöpselnden Zweigwiderstandes richtet sich nach der Grösse des Widerstandes W, beziehungsweise der Länge der zu messenden Ader und der Stärke der Prüfungsbatterie. Letztere besteht meist aus 100 gut gehaltenen Meidinger-Elementen.

Um nun die Grösse des Widerstandes der Guttapercha berechnen zu können, ermittelt man zuerst die Spiegelablenkung unter Einschaltung des bekannten Widerstandes W, der, wie bereits erwähnt, etwa 10—100.000 Ohm beträgt, unter Benutzung eines passenden Zweigwiderstandes.

Zu diesem Zwecke stöpselt man nach Fig. 39 im Umschalter u_1 Loch 2, im Zweigwiderstand Zw etwa $^1/_3$ und schliesst u_2, behufs Ausschaltung des Instrumentes. In dem Augenblick des Niederdrückens der Taste T, die eine volle Minute geschlossen bleibt, merkt man sich die Zeit, öffnet $^1/_4$ Minute den Umschalter u_2 und liest nach einer vollen Minute die Ablenkung des Spiegels ab; dieselbe betrage A Millimeter.

Statt des Widerstandes W wird nun die zu messende Ader und der Zweigwiderstand $^1/S$ eingeschaltet, indem

Digitized by Google

man den Stöpsel im Umschalter u_1 vom Loch 2 nach 1 versetzt. Dann schliesst man wieder u_2 und die Taste, letztere eine Minute lang. Nach Verlauf von etwa einer halben Minute wird der Stöpsel aus dem Umschalter u_2 entfernt und dadurch das Galvanometer eingeschaltet. Nach Ablauf einer weiteren halben Minute (also nach einer Minute Schluss der Batterie) wird die Ablenkung A abgelesen. Da bei dem Widerstande W ein Zweigwiderstand von $^1/s$ benutzt wurde, so gelangte (weil der Strom sich im umgekehrten Verhältniss der Widerstände seiner Zweige theilt) von der ganzen Stromstärke J nur ein Antheil von $^1/s$ auf die Ablenkung des Spiegels zur Wirkung. Der übrige Strom von s Antheilen geht ohne Wirkung direct in den Widerstand. Es ist jedoch auch dieser Stromtheil auf die Spiegelablenkung in Anrechnung zu bringen, weil derselbe in die Ader einströmt und auf die Isolirumhüllung Einfluss ausübt. Der volle Strom J würde aber offenbar eine Ablenkung hervorbringen, welche s-mal grösser wäre, als diejenige auf den Stromtheil $^1/s$; somit wäre die Ablenkung nicht A, sondern $(s + 1) A$ Millimeter.

Dasselbe ist der Fall bei der Messung der Kabel-Ader. Da hier nur $^1/S$ Stromtheil wirkt, so ist die von den S Stromtheilen auf den Spiegel noch hinzuzunehmen. Die wirkliche Ablenkung ist daher $(S + 1) a$.

Die Ablenkung von $(s + 1) A$ Millimeter unter Einschaltung des Widerstandes ergiebt für einen Millimeter Ablenkung einen Widerstand, welcher $(s + 1) A$-mal so gross ist als W, also $(s + 1) A W = 1$ und demgemäss für eine Ablenkung von $(S + 1) a$ Mm. einen Widerstand von

Digitized by Google

$$\left(\frac{s+1}{S+1}\right)\frac{A}{a} \cdot W.$$

Das Resultat ist nun auf die Temperatur von 15° C. zu berichtigen. Zu diesem Zwecke nimmt man das bei der ersten Messung gefundene Mittel aus den beiden Temperaturen, entnimmt den Werth dafür aus der Tabelle und multiplicirt mit diesem den für die Guttapercha gefundenen Widerstand. Dieser Factor der Temperatur, welcher im umgekehrten Verhältniss zur gemessenen Temperatur steht (weil dass Isolationsvermögen der Guttapercha ebenfalls im umgekehrten Verhältniss zur Temperatur steht), wird der Widerstands-Coëfficient genannt und gewöhnlich mit γ bezeichnet.

Da nun auch der Widerstand der Guttapercha auf ein Kilometer zu berechnen ist, so muss (weil der Widerstand der Guttapercha im Gegensatz zu den Metallen seiner Länge umgekehrt proportional ist) der gefundene Widerstand noch mit der Länge L der gemessenen Ader, in Kilometern ausgedrückt, multiplicirt werden.

Wir erhalten demnach zur Berechnung des Widerstandes der Guttapercha drei Formeln:

I. $G = \frac{(s+1)A.}{(S+1)a.} W$ ohne Temperatur- und Längen-Correction.

II. $G = \frac{(s+1)A.}{(S+1)a.} W\gamma$ mit Temperatur-Correction.

III. $G = \frac{(s+1)A.}{(S+1)a.} W.\gamma.L.$

auf 15° C. und 1 Km. Länge reducirt.

Das Ergebniss der Spiegelablenkung auf den Widerstand W bei 1 Mm. Ablenkung, also der Werth $(s+1)A.W$, wird die Empfindlichkeits-Constante des In-

Digitized by Google

strumentes genannt. Es ist wenigstens bei der Abnahme der Kabel aus der Fabrik sehr zu empfehlen, nach der Prüfung einer jeden Ader die Constante von neuem zu bestimmen, um in jeder Beziehung von der guten Functionirung des Mess-Instrumentes überzeugt zu sein. Aus den erzielten Ablenkungen wird zur Berechnung das Mittel genommen.

Sind die Abweichungen nach jeder Bestimmung der Constante zu gross, so ist es am zweckmässigsten, falls ein Ersatz-Instrument nicht vorhanden ist, das Instrument nach jeder Messung auf die ursprüngliche Empfindlichkeit zurückzubringen.

Man erreicht dieses durch Regulirung der Entfernung des Richtmagneten von der Magnetnadel; durch Annäherung wird die Empfindlichkeit verringert, durch Entfernung erhöht.

Die Grösse der Ladung bestimmt man durch Ladung oder Entladung eines Condensators von bekannter Ladungsfähigkeit (gewöhnlich von $^1/_2$ Mikrofarad), welcher in derselben Weise wie der Widerstand W bei der Isolations-Messung als Constante dient.

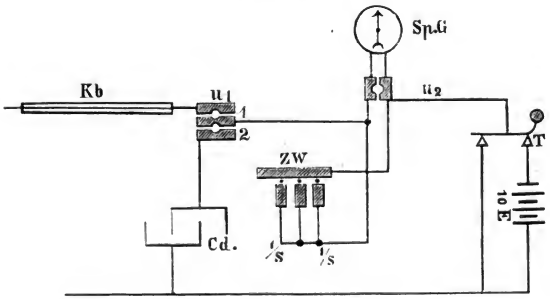
Die sämmtlichen Adern sind isolirt, die Batterie zehn Elemente stark. Je nachdem man die Ladung oder Entladung benutzt, richtet sich das Verfahren bei der Messung. Die Berechnung ist für beide Methoden gleich und beruht auf dem Gesetze, dass die Grösse der Ladung zweier Kabel sich zu einander verhält, wie die Sinus der halben Ausschlagewinkel, oder kurz, wie die erhaltenen Ablenkungen, vorausgesetzt, dass die Ladungszeiten und Batterien gleiche sind. Das eine Kabel wird hier durch den Condensator ersetzt. Die Schaltung

Digitized by Google

in Fig. 40 giebt die Verbindungen für das Messen der Ladung.

Zuerst wird der Condensator *Cd* durch Stöpselungen des Loches 2 im Umschalter u_1 eingeschaltet, dann ein passender Zweigwiderstand, etwa $^1/_S$ von *Zw* gestöpselt und die Batterie durch Tastendruck geschlossen. In demselben Moment fliesst der Strom durch das Galvanometer *Sp. G.* und den Zweigwiderstand *Zw* recht kräftig

Fig. 40.



auf den Condensator und der Spiegel macht daher eine schnelle Ablenkung. Dem Spiegelbilde folgt man mit dem Auge bis zum grössten Ausschlage, welcher als Ablenkung *B* notirt wird.

Durch Versetzen des Stöpsels von 2 in 1 wird der Condensator aus- und die isolirte Ader eingeschaltet. Unter Benutzung eines entsprechenden Zweigwiderstandes von $^1/S$ wird in derselben Weise die Ablenkung *b* für die Ader bestimmt. (Die Taste ist bei dieser Messmethode nur kurze Zeit zu drücken.)

Digitized by Google

Man hat hier dasselbe Verhältniss, wie bei der Bestimmung des Guttapercha-Widerstandes. Es sind nämlich die erhaltenen Ablenkungen (falls jedesmal die volle Stromstärke, welche doch auf die Ladung wirkt, durch das Galvanometer geht) gleich $(s + 1) B$, beziehungsweise $(S + 1) b$. Da sich, wie bereits erwähnt, die Grösse der Ladungen wie die erhaltenen Ablenkungen verhält, so ist, wenn C die Ladungsfähigkeit des Condensators und K die der Ader bezeichnet:

$$K : C = (S + 1) b : (s + 1) B$$

oder

$$K = \frac{(S + 1) b}{(s + 1) B} \cdot C .$$

Die Temperatur bleibt bei der Ladung unberücksichtigt, doch ist auch dieser Werth auf das Kilometer zu reduciren, indem man ihn mit der in Kilometern ausgedrückten Länge L des Kabels dividirt (da die Grösse der Ladung im geraden Verhältnisse zur Länge steht). Die Ladung pro Kilometer einer Ader ist also:

$$K = \frac{(S + 1) b}{(s + 1) B} \cdot \frac{C}{L} .$$

Diese für die Berechnung dienende Formel wird auch für die Entladungs-Methode gebraucht.

Die letztere unterscheidet sich von der ersteren dadurch, dass der Strom der Messbatterie eine volle Minute in die isolirte Leitung, beziehungsweise in den Condensator gesandt wird. Nach Verlauf dieser Zeit öffnet man die Taste. Der Entladungsstrom geht nun durch die Umwindungen des Galvanometers und den Zweigwiderstand, er erzeugt daher eine Spiegelablenkung, jedoch in einer der vorigen entgegengesetzten Richtung, worauf beim

Digitized by Google

Ablesen genau zu achten ist, wenn man nicht vorzieht, die Umwindungen entsprechend zu schalten. Hierzu entfernt man die Verbindung zum Galvanometer und den Zweigwiderstand vom Körper der Taste und legt sie zwischen Erde und Ruhecontact, während die isolirte Kabel-Ader an den Körper geführt wird.

Hat man in dieser Weise die Messungen der Adern vorgenommen und die Ablenkungen, die benutzten Zweigwiderstände, Temperatur und Länge der Adern notirt, so schreitet man, unter Benutzung der für jede Prüfung gefundenen Formeln, zur Berechnung des Werthes.

Diejenigen Ablenkungen, welche die Zuleitungsdrähte ergeben, sind vorweg in Abzug zu bringen, desgleichen ist von dem gemessenen Widerstande der Kupferdrahtlitze der Widerstand der Zuleitung in Abzug zu bringen. Zur Erläuterung diene folgendes Beispiel:

Es sei ein siebenaderiges Kabel in einer Fabrik abzunehmen von 1·5 Km. Länge bei 13·5° C. Die Messung bei der Kupferlitze bei der Ader 1 an Erde ergiebt im Rheostaten R 11·85 Ohm (unter Benutzung von Brückenzweigen $\varrho = 10$ und $r = 100$ Ohm). Die Zuleitung hat unter denselben Verhältnissen am Rheostaten R einen Widerstand von 7·9 Ohm, so dass die wirkliche Ablesung 110·6 Ohm beträgt. Nach der Formel auf S. 108 ist der Widerstand x auf 15° C. und 1 Km. reducirt:

$$x = \frac{10 \,.\, 110{\cdot}6}{100 \,.\, 1{\cdot}5} \,.\, 1{\cdot}00568,$$

wo $1{\cdot}00568 = K$ dem Widerstands-Coëfficienten des Kupfers ist, oder wenn die Ablesung sofort durch die Verhältnisszahl 10 dividirt wird, ergiebt sich

Digitized by Google

$$x = \frac{11{\cdot}06 \,.\, 1{\cdot}00568}{1{\cdot}5} = 7{\cdot}41 \text{ Ohm.}$$

Die Prüfung auf Widerstand der Guttapercha der Ader 1: Die Constante auf einen Widerstand W 10.000 Ohm ist 96 Mm. Ablenkung bei einem Zweigwiderstand von $^1/_{999}$; die Ablenkung für die Ader ist 106 und für die Zuleitung 2 Mm., somit bleiben für die Ader 104 Mm. Es ist daher, unter Anrechnung des Widerstands-Coëfficienten $\gamma = 0{\cdot}8196$ für $13{\cdot}5^0$ C. und der Länge $L = 1{\cdot}5$ Km., der wirkliche Widerstand bei 15^0 C. und 1 Km.

$$G = \frac{(999 + 1)\,96}{104} \,.\, 0{\cdot}8196 \,.\, 1{\cdot}5 = 11349 \text{ Millionen Ohm.}$$

Die Kupferdrahtlitze ist, wie es bei solchen kurzen Stücken gewöhnlich zu geschehen pflegt, ohne Zweigwiderstand gemessen.

Die Grösse der Ladung bei $^1/_9$ Zweigwiderstand und $^1/_2$ Mikrofarad Condensator ergab 169 Mm. Ablenkung, bei der Ader mit gleichem Zweigwiderstand 131 Mm., mithin war die Ladung pro Km.

$$D = \frac{10 \,.\, 131}{10 \,.\, 169} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{3} = 0{\cdot}2584 \text{ Mikrofarad.}$$

Die Guttapercha- oder Kabel-Adern werden, wie schon oben erwähnt, von den Fabrikanten selbst gemessen und zwar in schwach angesäuertem Wasser bei 5—10 Atmosphären Druck, so dass es auch in die feinsten Poren der Guttapercha dringen muss. In welcher Weise die Fehlerstellen, welche sich bei der Messung ergeben, bestimmt werden, findet man im Anhang, S. 178 dieses Bandes; wie auch insbesondere in Band VIII dieser Bibliothek.

Nach dieser etwas langen Abschweifung vom eigentlichen Thema, die jedoch bei der grossen Wichtigkeit

Digitized by Google

der Kabelprüfungen nicht umgangen werden konnte, kehren wir zum Leitungsbau zurück und betrachten jetzt:

2. Die Herstellung der unterirdischen Telegraphen-Leitungen.

Aehnlich wie beim oberirdischen Leitungsbau geht der Ausführung unterirdischer Linien die Recognoscirung und Feststellung der Trace voraus, und ist das Zusammenwirken der zuständigen Grundbesitzer, der Orts- und Aufsichtsbehörden unerlässlich.

Im Allgemeinen ist bei Feststellung der Fluchtlinie darauf Rücksicht zu nehmen, dass spätere Arbeiten irgend welcher Art nicht das Kabel gefährden können, andererseits muss dasselbe auch behufs Untersuchungen möglichst leicht zugänglich sein. Aus diesen Gründen wählt man für eine unterirdische Telegraphen-Linie meist den Fahrdamm der Land- und Kunststrassen und stellt das Kabellager längs einer Seite auf den Sommerwegen der Chausseen, in der Nähe der Seitengräben und Rinnsteine der Strassen her.

Die Arbeiter und das Personal theilt man für grössere Kabellegungen in mehrere Colonnen, welche zusammen circa 600—800 Mann stark sind. Vorauf gehen die Vorhauer, welche das Traciren des auszuhebenden Grabens besorgen, diesen folgen circa 400 Ausschachter, hinter denen die Kabelleger das Ausrollen und Verlegen ausführen, und darauf circa 200 Arbeiter, denen das Verfüllen des Grabens oder des sogenannten Kabellagers und das Feststampfen des Bodens obliegt.

Da die Kabellinie aus Stücken von 500—1000 Mtr. Länge hergestellt wird, so sind in diesen Entfernungen

Digitized by Google

Verbindungen herzustellen. Zu diesem Zwecke folgt den Arbeitern die Elektriker-Colonne, bestehend aus den Löthern, dem Elektriker, dem Ingenieur und dem die Ausführung der ganzen Arbeiten überwachenden Beamten der Staatsbehörde.

Der Graben (das Kabellager) wird durchschnittlich mindestens 1 Mtr. tief bei 60 Cm. oberer und 20—30 Cm. Sohlbreite ausgehoben. An den Löthstellen wird dieser Graben erweitert, um Platz für die Herstellung der Verbindungen zu schaffen. — Die Werkzeuge hierfür sind die bei allen Erdarbeiten üblichen Spaten, diverse Hacken und Brecheisen; ausser den nöthigen Transportmitteln ist auch auf das Material zum Absteifen der Grabenböschungen in lockerem Boden Rücksicht zu nehmen.

Bei der Arbeiter-Colonne befinden sich auch Maurer und andere Handwerker, welche Hindernisse, z. B. Mauerwerk, das die Trace durchschneidet, beseitigen und nach der Verlegung wieder in guten Zustand versetzen.

Die Decklage der Strassen, das Pflaster oder der Rasen werden sorgfältig abgehoben und wird das Material für die spätere Wiederherstellung besonders zur Seite gelegt. Den ausgehobenen Boden wirft man daher womöglich auf die andere Seite des Grabens, circa $^1/_2$ Mtr. vom Rande entfernt.

Ist man durch Kloaken-, Gas- oder Wasserleitungen genöthigt, mit dem Kabel unter denselben hinweg zu gehen, so muss die Grabensohle nach dem tiefsten Punkte beiderseits ein allmähliches Gefälle erhalten; auch ist die Sohle möglichst glatt und fest herzustellen, damit das Kabel keine Verbiegungen erleidet, ebenso sind scharfe Biegungen in Winkelpunkten der Trace zu vermeiden.

Digitized by Google

Müssen gemauerte Canäle ihrer Dimensionen halber durchschnitten werden, so mauert man zum Schutz des Kabels ein eisernes Rohr ein. Das Mauerwerk ist hierbei nach Möglichkeit zu schonen und eventuell während der Arbeiten zu unterstützen. Führen solche Canäle warme Wässer, oder chemische, dem Kabel schädliche Bestandtheile mit sich, so ist ganz besonders sorgfältig zu verfahren, damit die Isolirung nicht leidet. Grundsätzlich wird der Graben nur in solcher Länge ausgehoben, als er täglich auch wieder verfüllt werden kann. Es ist nicht möglich, für alle vorkommenden Fälle hier Angaben zu machen, und muss es der Umsicht des leitenden Ingenieurs überlassen bleiben, in jedem speciellen Falle sachgemässe Vorkehrungen zu treffen. Dahin gehören auch die Sperrung oder Ueberbrückung gekreuzter Verkehrswege, Beleuchtung und Einfriedung gefährlicher Stellen während der Nachtzeit, sowie die Ueberwachung der Kabel, Werkzeuge und Instrumente.

Die Verlegung des Kabels geschieht in folgender Weise:

Bei Längen bis zu 500 Kgr. Gewicht ist das Kabel in einen Ring gewickelt, den man vorsichtig, ohne Drehung oder Knickung, längs des ausgehobenen Grabens ausrollt. Bei grösserem Gewichte befindet sich das Kabel auf einem Haspel, welcher behufs Abwicklung auf einem besonders für diesen Zweck gebauten Wagen drehbar gelagert wird. Durch langsames Vorwärtsbewegen dieses Haspelwagens legt man das Kabel zur Seite des Grabens aus. Ist dieses Verfahren je nach Umständen nicht möglich, so bleibt der Haspel an geeignetem Orte stehen und die Arbeiter (in grösserer Zahl) tragen das vom Haspel ab-

Digitized by Google

rollende Kabel im Graben vorsichtig vorwärts. An Biegungen des letzteren hindern Arbeiter oder besondere Rollen das Scheuern des Seiles an den Ecken der Grabenwand.

Die Arbeiter sind hierbei in 5—10 Mtr. Entfernung von einander vertheilt. Nur wo ein Durchziehen bei Unterschreitung, respective Durchschreitung von Hindernissen nöthig ist, werden alle 2—3 Mtr. Leute aufgestellt. In einzelnen Fällen wird auch eine Combination der verschiedenen Verlegungsarten angebracht sein.

Das Kabel ist nun nach beendeter Auslegung so im Graben vorsichtig auszustrecken, dass es durchwegs auf der Sohle gut aufliegt. Den Moment des Hineinlegens des Kabels in den Graben veranschaulicht unser Titelbild, welches die Arbeiten zu Köln am Rhein für die Linie Berlin-Köln darstellt.

Zur längeren Erhaltung des Kabels wird dasselbe nach dem Auslegen asphaltirt, mit steinfreier Erde oder Sand 3—4 Cm. hoch beschüttet und mit guten Ziegelsteinen flach zugedeckt. Hierauf wird der Graben in Schichten von 30 Cm. Höhe zugefüllt und der Boden mit Handstampfern festgestampft. Wendet man keine Ziegelbedeckung an, so hat das Stampfen anfangs vorsichtig zu geschehen, damit das Kabel nicht beschädigt wird. Die Wiederaufbringung der Decklage beendet diese Arbeiten.

Man hat nicht nur die hier geschilderte Verlegungsart angewendet, sondern neuerdings auch noch ganz besondere Schutzcanäle aus Eisenrohr oder Holz hergestellt. Die Wiener Stadtleitungen z. B. bestehen aus circa 12 Kabeln, welche 1·3 Mtr. unter dem gewachsenen

Digitized by Google

Boden in 3—5 Mtr. langen Rinnen aus Rothlärchenholz verlegt sind.*)

Die Kabel wurden beim Legen einzeln ausgespannt, durch Holzschablonen von einander gehalten und die Zwischenräume mit Beton aus Cement und Donausand ausgefüllt. (Die Kosten betrugen bei 4202 Mtr. Länge 2920 fl.)

In Berlin hat man unter dem Trottoir eiserne, asphaltirte Röhren gelegt, in welche mit Hilfe eines starken Eisendrahtes eine beliebige Anzahl Kabel, je nach dem Rohrdurchmesser, eingelegt werden kann. 150 Einsteigebrunnen theilen das circa 40 Km. lange Kabelröhrennetz in einzelne, möglichst gerade Abschnitte. (Die Kosten betrugen 250.000 Mark.)

Im Jahre 1882 hat auch Frankreich einige grössere Telegraphen-Linien unterirdisch von Paris nach Nancy und nach Marseille hergestellt. Auf der letzteren Linie ist das Kabel durch eiserne Röhren geschützt. Auf der Linie Paris-Nancy liegen drei Kabel in einem Eisenrohr. Dieselben sind von dem Hause Menier gefertigt und verlegt.

Bei der Herstellung einer solchen Röhrenleitung verlegt man zugleich mit den Röhren einen 5 Mm. starken, verzinkten Eisendraht, der zur Verlegung des Kabels dient. Mit Hilfe desselben wird zuvörderst eine starke Leine oder ein Tau durch die Röhre gezogen, mit welchem man das Kabel schliesslich einzieht, wobei der Eisendraht wieder mit hineingezogen wird. Sind mehrere Kabel in einer Rohrleitung zu verlegen, so

*) Elektro-technische Zeitschrift 1880, S. 135—142.

Digitized by Google

müssen die Verbindungsstellen zwischen Eisendraht, Leine und Kabel, so bewickelt und verglichen werden, dass die Kabel nicht gegenseitig sich beschädigen, oder das Einziehen durch vorstehende Schutzdrähte gehindert wird.

Eine ausführliche Beschreibung des Verfahrens beim Berliner Kabelröhrennetz bringt die Elektro-technische Zeitschrift 1880, S. 377—385 mit zahlreichen Abbildungen der zu den Arbeiten verwendeten Vorkehrungen.

3. Die Verbindung zweier Kabelenden.

Da die Kabel aus verschiedenen Gründen nur in Längen von wenigen hundert Metern gefertigt werden, so ist es oft nöthig, die Enden durch Spleissstellen miteinander zu verbinden. Diese Arbeit wird von der S. 115 erwähnten Elektriker-Colonne ausgeführt. Nachdem die einzelnen Kabellängen verlegt und der dazu aufgeworfene Graben eingeebnet ist, wobei die Stösse der Enden frei bleiben, etablirt man über dieser Stelle ein Zelt und legt einige Bretter auf die Sohle des erweiterten Grabens. Enthält das Kabel mehrere Adern, so werden dieselben vorher bezeichnet, damit die entsprechenden einzelnen Adern richtig miteinander verbunden werden.

Die gute Herstellung der Verbindung der einzelnen isolirten Drähte mit einander ist eine der schwierigsten Arbeiten beim Telegraphenbau.

Es ist daher grosse Genauigkeit, stete Aufmerksamkeit und Beaufsichtigung bei Herstellung der Kabel-Löthstellen erforderlich. Es gehört dazu ein gewisses Geschick und peinlichste Sauberkeit. Man wird daher nur schon geübten Leuten diese Arbeit übertragen.

Digitized by Google

Die metallische Verbindung der kupfernen Leiter muss vollkommen, das an der Verbindungsstelle aufgebrachte Isolirmaterial darf nicht viel stärker sein als die Guttapercha-Adern. Ein etwa auf das Kabel gelegentlich ausgeübter Druck darf nicht die Festigkeit der isolirten Verbindungsstelle in Anspruch nehmen.

Zur Vornahme einer solchen Arbeit werden die Kabel in folgender Weise vorbereitet: Etwa 40 Cm. vom Ende des Kabelstückes legt man um dasselbe einen starken Bund von Bindedraht, damit die Hanf-Umspinnung und die Schutzdrähte bei den nächsten Arbeiten sich nicht weiter aufwickeln können. Man entfernt nun, spiralig abwickelnd, die äussere Hanf-Bespinnung, die Schutzdrähte, die innere Hanf-Bewickelung und biegt Alles bis zum Wickelbunde sorgfältig zur Seite.

Hierauf reinigt man die Guttapercha-Drähte, sowie die Hände vom Theer, Fett oder Schmutz mit Naphtha und trocknet sie sorgfältig ab.

Jede Kupferlitze wird alsdann durch Verlöthen mit Zinn zu einem starken Draht auf 4—5 Cm. Länge vereinigt.

Zu diesem Zwecke entfernt man mit einem etwas hohl geschliffenen Messer (Art Rasirmesser), das man schräge aufsetzt, die Guttapercha-Hülle so sorgfältig, dass der Kupferdraht nicht verletzt wird. Sodann reinigt man die Litzendrähte einzeln mit Naphtha und feinem Schmirgelpapier, dreht dieselben zusammen und verlöthet sie. Hierbei verwendet man besser Harze, z. B. die auf Seite 44 erwähnte Löthseife oder Salmiak, nicht Chlorzinklösung, da diese leichter eine spätere Oxydation der Löthstelle verursachen kann.

Digitized by Google

Zu diesen Arbeiten hat man besonderes Löthzeug construirt, welches die Arbeit sehr erleichtert. Mit Rücksicht darauf jedoch, dass diese Arbeiten fast ausschliesslich von geübten Kabellöthern gemacht werden, dürfte eine nähere Beschreibung der Werkzeuge und Vorrichtungen hierzu nicht erforderlich sein.

Man findet eventuell das Gewünschte hierüber in Rother's Telegraphenbau und in der Bauordnung des Deutschen Reiches. Die nöthige Vorübung zu solchen Arbeiten erlangt man am besten dadurch, dass man zunächst versucht, einzelne Gummi-Adern in der nachstehend beschriebenen Weise zu vereinigen, und sie dann nach der auf Seite 105 gegebenen Methode auf die gute Ausführung, d. h. auf gute Isolation prüft. Wenn auch schon Längs- und Querschnitte von solchen Versuchs-Löthstellen die Güte der Arbeit durch das Auge erkennen lassen, so gewährt doch allein die elektrische Untersuchung die nöthige Gewissheit.

Zum Verlöthen wird ein kleiner, flacher Löthkolben über der Spirituslampe eines transportablen Löthofens erwärmt, die breitere, gekrümmte Innenfläche mit Salmiak abgerieben und mit Löthzinn verzinnt. Dann hält man den Löthkolben mit einigen Tropfen geschmolzenen Zinns von unten gegen die Litze, welche vorher mit Harz oder Salmiak bestrichen ist. Die so vereinigten Kupferdrähte spannt man in einen kleinen Feilkloben und feilt sie circa 2 Cm. lang schräg ab, so dass die Enden beider Kabelstücke genau aufeinander passen. Bei mehraderigen Kabeln werden zunächst alle Adern in gleicher Weise behandelt.

Es folgt nun die Verbindung der entsprechenden Adern unter einander: Um die abgeschrägten Enden un-

Digitized by Google

mit den Fingern entfernt und hierauf die Naht geschlossen. Mit dem Glätteisen wird Alles rings herum vereinigt, geglättet und verrundet, so dass die Enden der neu aufgebrachten Isolirung mit der Guttapercha der Ader gut vereinigt werden. Zuletzt wird die ganze Löthstelle mit feuchter Hand geglättet, erwärmt, mit Compound überzogen und wieder geglättet. Die Isolirung muss so gleichmässig rund gefertigt sein, dass die Kupferader völlig concentrisch umschlossen ist. Nach der Fertigstellung der oben beschriebenen Verbindungen folgt:

Die Prüfung der Löthstellen. Diese wird mit denselben (Seite 101—105 erwähnten) Instrumenten in folgender Weise nach Clark's Accumulations-Methode ausgeführt. Es ist Bedingung, dass für jede Kabel-Löthstelle der Isolations-Widerstand nicht geringer ist, als derjenige einer 4 Mtr. langen, untadelhaften Guttapercha-Ader des vertragsmässigen Kabels.

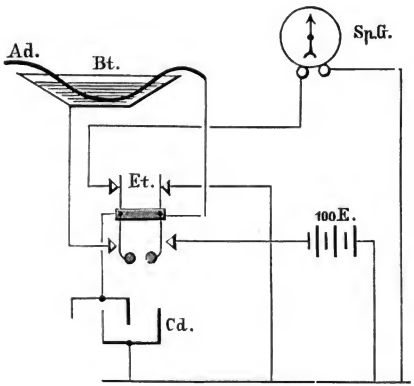
Man prüft zunächst ein 4 Mtr. langes Stück Kabel-Ader in der Weise, dass das eine Ende (Fig. 41) mit einer Batterie von 100 Elementen in Verbindung gebracht, während der übrige Theil in einen mit Wasser gefüllten Blechtrog *Bt* gelegt wird. Das zweite Ende der Ader *Ad* ragt über den Rand des Troges hinaus und wird zur Beseitigung aller Feuchtigkeit mit Spiritus abgetrocknet. Der Metalltrog ist mit einer Entladungs-Taste *Et* verbunden, deren linker Ruhecontact durch das Spiegel-Galvanometer *Sp. G.* zur Erde führt. Ein Zweigwiderstand wird selbstverständlich nicht gebraucht.

Drückt man nun beide Hebel der Entladungs-Taste gleichzeitig, so findet die in die isolirte Ader strömende

Digitized by Google

Elektricität durch die Guttapercha-Umhüllung, das Wasser, Blechgefäss und den Verbindungsdraht einen Weg auf den Condensator. Nach Verlauf einer Minute wird durch Oeffnen der Taste der Strom unterbrochen und dadurch der Condensator *Cd* mit dem Spiegel-Galvanometer verbunden. Die während der Minute in denselben geströmte

Fig. 41.



Elektricitätsmenge geht durch das Galvanometer zur Erde und bewirkt die Ablenkung α Mm. des Spiegels.

Hierauf legt man die Löthstelle in den Metalltrog und verbindet ihre Enden analog wie oben. Der Tastendruck ergiebt den Ausschlag β Mm.

Je mehr Elektricität auf dem Condensator sich angesammelt hat, desto grösser ist die Ablenkung des Spiegels, desto schlechter aber die Isolation, woraus folgt, dass die Widerstände der Isolirungen im

Digitized by Google

umgekehrten Verhältniss zu den erhaltenen Ablenkungen stehen. Es ist daher, wenn W den Widerstand von 4 Mtr. Ader und W_1 denjenigen der Löthstelle bezeichnet,

$$\alpha : \beta = W_1 : W \text{ oder}$$

$$W_1 = \frac{\alpha \cdot W}{\beta}$$

Durch diese Formel ist also die Güte der Löthstelle bestimmt.

Sind alle Adern untersucht worden und hat hierbei der Spiegel des Galvanometers nur wenige Theilstriche ausgeschlagen, so ist man sicher, dass die Isolation der Löthstelle vollkommen ist. — Alsdann umwindet man die Adern wieder mit Hanf, legt die zurückgebogenen Schutzdrähte sorgfältig herum und bewickelt die ganze Verbindungsstelle mit verzinktem, 2·5 Mm. starkem Eisendraht. Auch umgiebt man die Löthstellen mit eisernen, verzinkten Schutzmuffen, welche aus zwei Hälften bestehen und durch vor der Vereinigung aufgeschobene Ringe zusammengehalten werden. In bewohnten Orten pflegt man den Ort, wo sich eine Löthstelle befindet, auf der Erdoberfläche mit einem Markstein zu bezeichnen, in dessen Oberfläche ein T. L. eingemeisselt ist, eventuell wird derselbe in das Strassenpflaster eingelassen; auch trägt man diese Orte in die vorhandenen Situationspläne für etwaige spätere Aufgrabungen ein.

Die Anlage von Untersuchungs-Stationen geschieht hauptsächlich an Punkten, von denen aus die unterirdischen Leitungen, z. B. in Städten, sich nach verschiedenen Richtungen verzweigen. Man wird dieselben womöglich so anordnen, dass an diesen Orten

Digitized by Google

auch zugleich Löthstellen liegen, um nothwendigen Falles die Adern zur Untersuchung leichter trennen zu können, ohne das Kabel zerschneiden zu müssen. Etwa 75 Cm. unter dem Strassen-Niveau legt man kleine, gemauerte oder aus starkem Holze gezimmerte Schächte an, welche nach dem Verlöthen der Kabelenden mit ca. 5 Cm. starken Bohlen zugedeckt werden. Das Kabel wird dicht über dem Boden durch ein entsprechend weites, 7 Cm. langes Gasrohr in den Schacht geführt und durch Umwicklung mit getheertem Hanf abgedichtet. Jedes Kabelende wird als Vorrath in eine Schleife gelegt, zwischen Leisten festgeklemmt und mit dem nächsten Kabelstück verlöthet. Der Deckel erhält, des besseren Widerstandes halber, zur Unterstützung eine Eisenschiene. Die früher angewendete Verbindung durch im Untersuchungsbrunnen auf einer Leiste befestigte Klemmen hat zu Fehlern Veranlassung gegeben und ist durch die soeben beschriebene Verbindungsart ersetzt worden. Ist der Deckel nach Fertigstellung der Verbindungen geschlossen, so wird der Erdboden eingeebnet und das Strassenpflaster etc. wieder aufgebracht.

4. Das Verlegen der Kabel auf festen Brücken und in Tunnels.

Unter Umständen ist die Anbringung oberirdischer Leitungen an Brücken gar nicht, oder doch theilweise nicht ausführbar. Kann man sich zur Legung eines Wasser-Kabels nicht entschliessen, so ist das Kabel unter die Brückenbahn zu versenken. Bei gewölbten Brücken mit einer Erdbeschüttung verfährt man ähnlich wie bei

Digitized by Google

unterirdischen Kabeln; hat die Brücke jedoch einen Bohlenbelag, so ist man genöthigt, das Kabel durch Verlegen in eine mit Lehm oder Schlackenwolle auszufüllende Rinne gegen Sonnenwärme zu schützen. Trotz der grössten Sorgfalt ist man dennoch nicht im Stande, das Kabel vor Erschütterungen, welche die Brücken stets erleiden, zu bewahren; man wird also, wenn irgend möglich, es vorziehen, das Kabel neben der Brücke ins Wasser zu versenken.

Zur Durchschreitung von Tunnels wendet man wohl auch oberirdische Leitungen an, in den meisten Fällen jedoch haben die Tunnels ein so schmales Profil, dass die Anbringung der Isolatoren Schwierigkeiten bietet. In solchen Fällen gebraucht man gewöhnliche Erd-Kabel, die man entweder in die Tunnelsohle versenkt, oder durch an die Wandung angebrachte Rinnen schützt. Mitunter bildet sich in feuchten Tunnels so viel Eis im Winter, dass die Kabelrinne durch Eisbelastung oder durch das Abhacken des Eises gefährdet wird. In diesem Falle legt man das Kabel am sichersten unter die Tunnelsohle längs eines Stosses.

Hölzerne Kabelrinnen fertigt man aus 4 Mtr. langen, 25 Mm. starken Latten, die man durch untergeschraubte Lattenstücke verbindet. Die Rinne wird mit Bankhaken an der Wand befestigt und mit einem aufgeschraubten Brette schräg abgedeckt. Das Einlegen des Kabels muss mit besonderer Vorsicht und Geschicklichkeit geschehen, damit dasselbe nicht aus der circa 1·5 Mtr. über der Sohle angebrachten Rinne herausgedreht und in seiner ganzen Länge zu Boden geschleudert wird. Die Rinne füllt man mit nicht leitendem, der Fäulniss widerstehen-

Digitized by Google

dem Material, als Asche oder Schlackenwolle, aus. Die Verbindung des Kabels mit den oberirdischen Leitungen wird Seite 135 besprochen werden.

Das Journal télégraphique bringt in Bd. 6, S. 112, die Beschreibung der Legung des Kabels durch den St. Gotthardtunnel, aus der wir Nachstehendes mittheilen: Vor Vollendung des grossen Tunnels durch den St. Gotthard führte eine oberirdische Telegraphen-Linie von Göschenen zum St. Gotthard-Hospiz (2114 Mtr. über dem Meere) und von da herab nach Airolo. Die ganze Linie lag im Winter meistens im tiefen Schnee, so dass die Schlitten über die Stangenspitzen hinwegfuhren.

Trotzdem wechselte man sowohl zwischen der Schweiz und Italien auf den Omnibus-, als auch auf den directen Leitungen ohne Schwierigkeiten Telegramme, unter anderem auch zwischen Berlin und Rom.

Seit Anfang des Jahres 1882 ist nun durch den vollendeten Eisenbahntunnel ein von einer bekannten Firma geliefertes siebenaderiges Kabel gelegt worden.

Die Arbeiten waren sehr erschwert durch die hohe Temperatur, die ausserordentliche Feuchtigkeit, die absolute Dunkelheit und den Rauch der Locomotiven. Man verwendet in der Schweiz zwar allgemein Bleirohr-Kabel; ein solches konnte jedoch hier nicht zur Anwendung kommen, da dasselbe, bei dem harten, mit scharfen Steinen bedeckten Boden, der Finsterniss und der grossen, fortwährend aus- und eingehenden Arbeiterzahl, während des Verlegens schon unbrauchbar geworden wäre. Trotz der hohen Temperatur entschloss man sich doch zur Isolirung mit Guttapercha, weil es noch nicht gelungen ist, mit Kautschuk gut isolirte Drähte herzustellen.

Digitized by Google

Das Kabel hat 7 Adern; jede mit einer Kupferlitze von sieben 0·7 Mm. starken Drähten, die einen Querschnitt 1·84 Mm. massiven Drahtes haben. Die Adern haben, bei zwei Guttapercha-Lagen mit Zwischenlagen von Chatterton's Compound, 5·2 Mm. Stärke. Dieselben sind mit getheertem Hanf bis zu einer Stärke von 7 Mm. besponnen. Alle 7 Adern sind zweimal mit Hanf, dann mit 16 verzinkten, 4·4 Mm. starken Eisendrähten umgeben, hierüber kommt noch eine äussere Hanf-Bespinnung von 3 Mm. Stärke. Das fertige Kabel hat 33 Mm. Durchmesser.

Unter den Lieferungs-Bedingungen war Folgendes verlangt: dass pro Kilometer bei 15° C. nicht über 7 S.-E. Kupfer-Widerstand, der Isolations-Widerstand nicht unter 1000 Millionen S.-E. und die Ladungsfähigkeit nicht über 0·21 Mikrofarad sein sollte. Der Isolations-Widerstand wurde mit Rücksicht auf die hohe Temperatur (circa 25° C.) im Innern des Tunnels auf 1000 Millionen S.-E. festgesetzt (bei 15° C.), weil bei 25° C. derselbe auf 327 Millionen S.-E. herabsinkt. Letztere Zahl ist ungefähr diejenige, welche man im Allgemeinen als Isolations-Widerstand einer Kabelleitung verlangt.

Das Kabel ist in der westlichen Tunnelwand 2·4 Mtr. über der Tunnelsohle in eine U-förmig, aus 4 Mm. starkem Eisenblech gebogene Rinne verlegt. Dieselbe ist 65 Mm. tief und 42 Mm. breit, die oberen Kanten sind 14 Mm. umgebogen, um einen Holzdeckel von 80 Mm. Breite und 25 Mm. Stärke darauf sicher zu befestigen. Diese Rinne ist in Baulängen von 7·5 Mtr. geliefert (gleich 36·75 Kgr.). An den Stössen der Rinne befinden sich entsprechend gebogene Mauerhaken mit 150 Mm. langen

Digitized by Google

Blechen, auf denen die Stösse aufliegen. Da alle Theile gut ineinander passen, war bei der angegebenen Construction eine Vernietung der einzelnen Rinnenlängen nicht erforderlich. Jede Länge der Rinne ist in der Mitte noch durch einen gewöhnlichen Mauerhaken unterstützt.

Die Kabel wurden in Längen von 1000 Mtr. zu 2900 Kgr. Gewicht auf Holzhaspeln geliefert. Dieselben hob man mit einem Krahn auf einen besonders vorgerichteten Eisenbahnwagen, schob denselben in den Tunnel und rollte die 1000 Mtr. in $^3/_4$ Stunden ab. Das ausgerollte Kabel wurde neben die Geleise gelegt und mit Gabelstangen in den Kasten gehoben. Während der Arbeiten wurde von dem Tunneleingang aus durch Messungen die Beschaffenheit des Kabels und der Löthstellen fortlaufend untersucht. Die Löthstellen sind durch die Seite 126 erwähnten Muffen geschützt, um welche die Schutzdrähte umgebogen sind, so dass ein Zug am Kabel sich nicht auf die Adern übertragen kann.

Das Kabel ist circa 10 Mtr. vor den Ausgängen des Tunnels schräg herunter in die Erde geführt, durch Gasrohre geschützt und in die 20, respective 80 Mtr. entfernten Ueberführungssäulen geleitet.

Diese Säulen sind aus imprägnirtem Holze hergestellt und tragen 2 Mtr. über dem gewachsenen Boden Eichenholzkästen mit Blitzableitern. Jede Ader ist durch einen 0·2 Mm. starken Platindraht mit der zugehörigen Leitungslamelle verbunden. Dieselben liegen durch paraffinirtes Papier getrennt auf einer gemeinschaftlichen Erdplatte, welche zur Erde abgeleitet ist.

Die Legungskosten haben betragen:

Digitized by Google

Material	84934·13	Mark
Arbeitslöhne . . .	6820·78	»
Transport und Steuern	4756·52	»
Summa .	96511·43	Mark.

5. Schutzvorrichtungen für Kabel gegen Beschädigung durch atmosphärische Entladung.

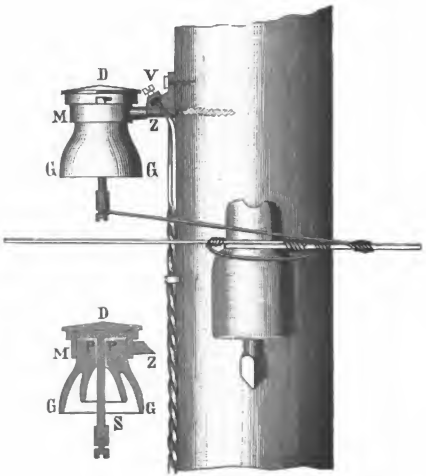
Die Kostbarkeit und schwierige Reparatur der versenkten Leitungen erfordern eine Vorrichtung zum Schutze gegen in die oberirdischen Leitungen sich entladende Elektricität, falls dieselben mit den ersteren in Verbindung stehen. Solche Schutzvorrichtungen wird man also vor allem da anzubringen haben, wo die oberirdischen in versenkte Leitungen übergehen, d. h. also in Nähe der Ueberführungssäulen oder Kästen. Bei langen Tunnels ändert sich die Lufttemperatur ganz plötzlich, so dass sich Niederschlagswasser zwischen den Platten der Stangen-Blitzableiter bildet und zu Nebenschliessungen Veranlassung giebt. Man wird deshalb in solchen Fällen die Blitzableiter in einiger Entfernung von den Tunneleingängen anbringen, respective statt der Ueberführungskästen Ueberführungssäulen in gleicher Entfernung verwenden.

Für diesen Zweck hat man einen Platten-Blitzableiter in Gestalt eines Isolators construirt, welchen man gewöhnlich in die Abspannstange vor der Ueberführung einschraubt; derselbe wird daher Stangen-Blitzableiter genannt. Ein Messingring M (Fig. 42) hat seitlich einen Zapfen Z mit Schraubengewinde. Vor dem Gewinde befindet sich eine Verstärkung V mit Klemmschraube zur Befestigung der Erdleitung. In dem Ringe M ist eine doppelte Ebonitglocke G befestigt, die auf ihrem oberen

Digitized by Google

Ende isolirt, eine geriefte, runde Platte trägt. An derselben ist durch die Glocke hindurch die Messingstange *S* fest verbunden, an welche unten ein, mit der vorbeiführenden oberirdischen Leitung verlötheter, 2 Mm. starker Kupferdraht festgeklemmt wird. Die an der unteren Platte des

Fig. 42.



Stangen-Blitzableiters befestigte Messingstange hat unter der inneren Ebonitglocke einen Ansatz. Zwischen der äusseren und inneren Ebonitglocke, sowie am Ansatz ist ein Gummiring eingelegt, so dass Feuchtigkeit von unten nicht leicht eindringen kann. Diese Einrichtung ermöglicht auch ein leichtes Auseinandernehmen behufs Reparatur. Die zweite Platte des Blitzableiters bildet der auf dem

Digitized by Google

oberen Ringe mit Bajonnettverschluss befestigte Messingdeckel *D*, welcher durch den Ring *M* und die Schraube *V* mit der Erdleitung in Verbindung steht. Der Deckel hat concentrische Riefen, welche denen der unteren Platte in etwa 1 Mm. Entfernung gegenüberstehen. Die atmosphärische Elektricität findet also durch Ueberspringen von der mit der Leitung in metallischer Verbindung stehenden unteren Platte nach dem Deckel einen Weg zur Erde, so dass das Kabel geschützt wird. Sind an beiden Enden des letzteren oberirdische Leitungen angeschlossen und ist keine Station mit Blitzableitern in der Nähe, so sind auch an beiden Ueberführungen Stangen-Blitzableiter anzubringen.

Die Herstellung der Erdleitung für die Stangen-Blitzableiter muss recht sorgfältig ausgeführt werden, da sonst der Nutzen des Blitzableiters illusorisch ist. Zu diesem Zwecke versenkt man in dem Stangenloche, oder falls dieses nicht feucht genug ist, in einem besonders zu grabenden Loche verzinkten, 4—5 Mm. starken Eisendraht (circa 150 Mtr. lang und in einen engen Ring zusammengewickelt). Die beiden Enden des Drahtringes lässt man bis zum Blitzableiter hinaufreichen, dreht sie zusammen, befestigt sie durch kleine Klammern längs der ganzen Stange und klemmt die Enden in der Schraube *V* des Blitzableiters fest. Sind mehrere Blitzableiter an einer Stange anzubringen, so ist für jeden eine besondere Erdleitung anzulegen. Alle Erdleitungen sind miteinander metallisch zu verbinden, oder man verlegt, wie wir später es kennen lernen werden, eine grössere Metallplatte, von welcher man eine gemeinschaftliche Erdleitung nach allen Stangen-Blitzableitern verzweigt.

Digitized by Google

6. Die Verbindung des Kabels mit der oberirdischen Leitung.

Die öfter nothwendige, streckenweise Benützung von Kabeln erfordert besondere Constructionen zur Verbindung derselben mit oberirdischen Leitungen. Dieselbe bewirkt man bei versenkten Kabeln gewöhnlich durch Ueberführungssäulen; bei durch Tunnels führenden Kabeln durch Ueberführungskästen.

Die Ueberführungssäulen bestehen aus zwei, 16 bis 21 Cm. starken, im Querschnitt quadratischen, 7·0 bis 8·5 Mtr. langen Hölzern, die bis auf $^1/_5$ ihrer Länge der Art eingegraben werden, dass sie oben 8 Cm. von einander stehen und nach unten dieser Abstand für je einen Meter Länge um 2 Cm. zunimmt, so dass z. B. eine 8 Mtr.-Säule unten $8 + 2 . 6{\cdot}4 = 20{\cdot}8$ Cm. von einander steht.

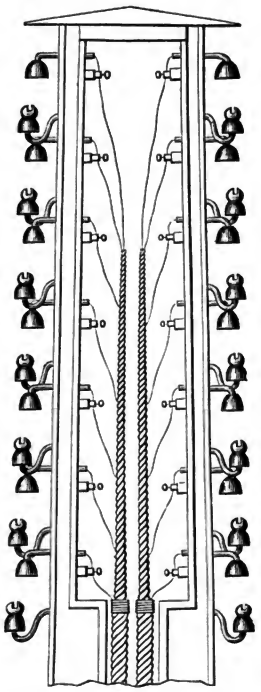
Vom oberen Ende aus werden die beiden Hölzer an der inneren Seite auf je 8 Cm. derartig ausgeschnitten, dass ein kastenartiger Raum von 24 Cm. Breite entsteht. Die Länge dieses Ausschnittes ist abhängig von der Zahl der einmündenden Kabel-Adern, sie darf jedoch nicht mehr als die Hälfte des über dem Erdboden befindlichen Theiles betragen, da anderenfalls die relative Festigkeit der Säule sehr beeinträchtigt werden würde.

Vom gewachsenen Boden bis zum Ausschnitt wird der Raum zwischen beiden Säulen mit in Falzen eingelassenen Brettern verkleidet, desgleichen erhält der obere, kastenartige Raum auf einer Seite eine feste Wand, auf der entgegengesetzten eine verschliessbare Thüre, welche durch eine Gummiliderung gedichtet ist. In dem oberen Kasten

Digitized by Google

bringt man soviel Messingklemmen auf Ebonitunterlagen in ca. 15 Cm. Entfernung von einander an, als das betreffende Kabel Adern hat. Die Klemmen sind ca. 6·3 Cm. lang und haben an jedem Ende ein Loch mit einer Klemmschraube. Ueber den Klemmen sind Hartgummiröhren mit Ebonitglocken wechselständig durch die Rückwand, resp. durch die Seitenwände geführt. — Alle Theile sind mit Rücksicht auf bequeme Handhabung übersichtlich anzuordnen.

Fig. 43.



Aus dem Erdboden führen die Kabel in die Ueberführungssäule bis zur unteren Kante des oberen Kastens. An dieser Stelle werden sie mit Bindedraht umwickelt, die Schutzdrähte sowie die Hanf-Umspinnung entfernt, die Enden der Kupferlitzen verlöthet und in den Messingklemmen befestigt. Zur Weiterführung der Kabel-Adern werden Guttapercha-Drähte, welche mit asphaltirtem Hanf besponnen sind, benützt. Dieselben führen von den Messingklemmen durch die Gummirohre zu den unter

Digitized by Google

den Ebonitglocken befestigten kleinen Isolatoren, an welchen sie mit den oberirdischen Leitungen verbunden werden. Alle Verbindungen durch Klemmen oder Löthung sind, wie überhaupt beim Leitungsbau alle Verbindungen, aufs sorgfältigste und peinlichste auszuführen, damit unter allen Umständen ein dauernd reiner, metallischer Contact aller Theile erzielt wird.

Die Fig. 43 giebt eine Ansicht der inneren Einrichtung und einen Querschnitt der oben beschriebenen Ueberführungssäule. In gerader Flucht mit letzterer und der Stangenreihe (oder doch mindestens der letzten Stange) wird 3 Mtr. von der Ueberführungssäule die Abspannstange gesetzt. Dieselbe ist etwas länger als die erstere, damit die oberen und unteren Drähte etwas divergiren, so dass nur die mittleren parallel laufen, um Berührungen möglichst zu verhindern. Falls die örtlichen Verhältnisse es erwünscht machen, erhält die Ueberführungssäule einen Oelfarbenanstrich, eventuell auch eine decorative Ausschmückung; in jedem Falle ist dieselbe aber mit Zinkblech abzudecken.

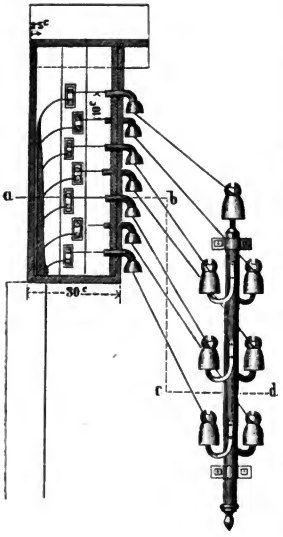
Bei starken, unter Wasser geführten Kabeln dürfte es unter Umständen schwierig sein, dieselben direct in die Ueberführungssäule zu bringen. Man lässt dieselben daher zuvor in einem Untersuchungsbrunnen münden, aus welchem die Weiterführung vermittelst leichter unterirdischer Kabel erfolgt.

Die Ueberführung der Tunnelkabel geschieht vielfach nicht durch die oben beschriebene Säule, sondern vermittelst eines an der Wand des Tunnelhauptes befestigten Ueberführungskastens von bestem, trockenem, astfreiem Kiefernholze von ca 2·5 Cm. Stärke. Ein solcher

Digitized by Google

Kasten ist in Fig. 44 in zwei Querschnitten *a* und *b* abgebildet. Seine Einrichtung dürfte nach der Beschreibung der Ueberführungssäule aus der Figur genügend ersichtlich sein. Die Grösse dieses Kastens richtet sich nach der Anzahl der zu überführenden Leitungen, wobei auf etwaige Vermehrung Bedacht genommen werden kann. Die Verbindung in den Messingklemmen auf Ebonitunterlage sind sehr sorgfältig durch tief im Metall sitzende Schrauben zu bewirken, um den durch die vorüberfahrenden Eisenbahnzüge entstehenden Erschütterungen genügend widerstehen zu können.

Fig. 44 *a*.



Durch die der Kabelrinne abgewendete Seite der Kästen werden Ebonitröhren mit Glocken derartig angebracht, dass sie gleichfalls versetzt gegen einander stehen, somit Berührungen der ausführenden Leitungen unter einander vermieden werden. Da die Röhren in der 2·5 Cm. starken Seitenwand keinen genügenden Halt haben, so ist vor dieser Wand noch ein entsprechend starkes Futter anzubringen.

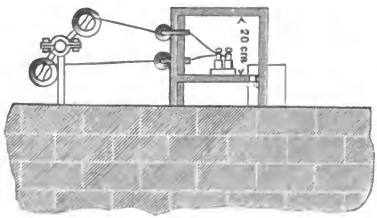
Auf der Mitte der Innenseite der hinteren Kastenwand wird eine senkrechte Leiste von 8—10 Cm. Breite

Digitized by Google

und 3—4 Cm. Stärke angebracht, an welcher die Messingklemmen zu befestigen sind. An den Tunnelportalen wird das durch den Tunnel verlegte Kabel in einer Fortsetzung der Kabelrinne in die Höhe bis unter den, 2—3 Mtr. über dem Erdboden angebrachten, hölzernen Kasten geführt und in letzterem wie bei der Ueberführungssäule behandelt. Der Kasten ist oben durch ein mit Zink gedecktes Pultdach abgewässert.

Die oberirdischen Leitungen führen zu einem, in der Nähe der Kästen angebrachten, Mauerbügel aus

Fig. 44 *b*.



Eisenrohr, welcher vermittelst Mauerbolzen und Schellenbändern am Tunnelhaupt senkrecht befestigt ist und zwar so, dass die durch die U-förmigen Stützen der Isolatoren senkrecht gedachte Ebene mit der Wand des Tunnelhauptes einen Winkel von 45° bildet. Diese Stellung ist nöthig, um Kreuzungen der oberirdischen Drähte mit den Kabel-Adern zu vermeiden.

Von dem Mauerbügel führen die Leitungen zu der Abspannstange. Da immerhin auf eine nicht unbedeutende Vermehrung der Telegraphendrähte gerechnet werden kann, so muss von vornherein darauf Bedacht

Digitized by Google

genommen werden, dass ein zweiter Kasten mit symmetrischer Einrichtung und ein zweiter Mauerbügel zur Seite des Kastens angebracht werden können.

7. Unter Wasser versenkte Telegraphen-Linien.

Für die Durchschreitung von Flüssen und Seen wird man womöglich die Kabel in einem Stück anfertigen lassen. Die Construction solcher Kabel ist auf Seite 98 schon besprochen. Es sind im wesentlichen dieselben Materialien, wie bei den unterirdischen Kabellinien.

Bei geringer Breite und geringer Stromgeschwindigkeit lässt man das Kabel von einem am Ufer befestigten Haspel ablaufen und an einer Leine, durch in verankerten Fahrzeugen mit ca 15—30 Mtr. Entfernung postirte Leute hinüberziehen, worauf dasselbe unterstrom versenkt wird. Bei ganz kurzen Entfernungen, z. B. Durchlässen für Schiffe, die durch Drehen der Brückenbahn geöffnet werden (also ca. zweimal 15 Mtr. Oeffnung haben), stellt man mit Hilfe verankerter Kähne einen Laufsteg her, rollt das Kabel zuvor am Lande gerade aus und lässt es von etwa 20 Mann hinübertragen, so dass es auf den Steg zu liegen kommt. Hier wird dasselbe eventuell noch getheert, mit eisernen Schutzmuffen versehen und dann über die »Kaffen« der Fahrzeuge hinweg unterstrom versenkt.

Sind beide Verlegungsmethoden nicht anwendbar, so wird das Kabel mit dem Haspel auf einen grossen Prahm verladen. Ist ein solches Fahrzeug nicht tragfähig oder gross genug, so baut man eine »Maschine«

Digitized by Google

aus zwei durch übergebundene Balken gekuppelten Prähmen, die man mit Brettern eindeckt. Der Haspel ist so in der Mitte zu befestigen, dass das Kabel durch den Belag oder die Balken im Ablaufen nicht gehindert wird. Die Handhabung einer solchen »Maschine«, ihr Bau und die Befestigung der einzelnen Theile muss mit grosser Umsicht und Sorgfalt geschehen, damit bei ungleicher, durch das schwere Kabel bewirkter Belastung das Gleichgewicht nicht verloren geht. Am besten verwendet man zu diesen Arbeiten gelernte Schiffer oder die Pontonniere der technischen Truppen.

Hat man zur Fortbewegung des Prahmes bei starker Strömung ein Dampfschiff nicht zur Verfügung, so legt man denselben an eine durch verankerte Kähne gehaltene Leine, an welcher er möglichst gleichmässig fortbewegt wird. Bis zum Beginne der Arbeit ist das Kabel durch Ueberlegen von geeigneten Decken eventuell gegen Sonnenhitze zu schützen.

Es folgt jetzt die schwierigste Arbeit, das Abwickeln des Kabels vom Haspel. Nachdem ein genügend langes Kabelstück gelandet ist, dreht sich der Haspel beim Fortbewegen des Fahrzeuges ohne Nachhilfe. Die Geschwindigkeit des Abrollens muss jedoch angemessen sein der Geschwindigkeit des Fahrzeuges, damit nicht etwa Schlingen im Kabel entstehen. Eine Drehung beim Ablaufen ist zu vermeiden, weil durch Aufdrehen der Schutzdrähte eine ungleiche Spannung in denselben entsteht, die eventuell einen Kabelbruch oder doch eine Beschädigung verursachen könnte. Ueberhaupt ist das Kabel mit einem gewissen Abtrieb zu versenken, damit es unter allen Umständen keine Spannung erleidet. Die

Digitized by Google

Länge des Kabels ist mit Rücksicht hierauf zu bemessen und zwar rechnet man je nach der Stromgeschwindigkeit bis 5% der ermittelten Länge hinzu. Der Haspel ist mit einer Bremsvorrichtung versehen, damit das zu schnelle Ablaufen des Kabels gehemmt werden kann.

An den Ufern des Gewässers verlegt man das Kabel in Gräben. An seichten Stellen wird dasselbe 30—50 Cm. tief mit Handbaggern unter die Sohle versenkt. Je nach der Oertlichkeit, der Jahreszeit und den sonstigen Umständen wird die Verlegung der Kabel in kleinen Gewässern verschieden zu handhaben sein. Eine starke Eisdecke, eine Schiffbrücke oder eine niedrige sonstige Brücke können die Arbeit eventuell sehr vereinfachen und erleichtern. Specielle Normen für alle Fälle lassen sich kaum geben.

Gegen den Angriff von Schiffsankern, Staken, Eisschollen etc. ist das Kabel in den Ufern sicher und unverrückbar zu befestigen. Lässt sich diese Befestigung nicht durch Eingraben bis zu 15 Mtr. Länge erreichen, oder ist die Erdbedeckung zu gering, so klemmt man das Kabel mit zwei ausgekehlten Querriegeln zwischen zwei starken, eingerammten Pfosten fest, so dass ein etwaiger Druck, den das Kabel erleidet, auf diesen Kabelhalter übertragen wird, welchen man zur grösseren Festigkeit noch an ein oder zwei Pfosten durch Eisenstangen verankert.

Muss das Kabel an den Aussenflächen von Mauern in die Höhe geführt werden, so umgiebt man dasselbe mit einer getheerten Holzrinne, welche mit Schlackenwolle gegen Erwärmung ausgefüllt wird. Ist eine Zerstörung dieser Rinne durch Eisschollen zu befürchten,

Digitized by Google

so bekleidet man dieselbe mit schuppenartig übereinander greifenden, ca. 4 Mm. starken, entsprechend gebogenen Eisenplatten, die durch eingegipste Schraubenbolzen gehalten werden. Die Befestigung des Kabels geschieht am sichersten durch eingemauerte Bolzen, an deren vorstehenden Enden das Kabel in Schellenbändern festgeklemmt wird. Eiserne Rohre zum Schutze des Kabels werden zwar in solchen Fällen auch gebraucht, dürften aber ungleich schwieriger anzuwenden sein, besonders da dieselben mit Asche oder Schlackenwolle gleichfalls ausgefüllt werden müssen.

Die Lage unter Wasser versenkter Kabel wird durch Baken, Bojen oder Warnungstafeln bezeichnet, damit die Schiffer das Schleppen der Anker an solchen Stellen vermeiden. — Oft haben die Schiffer in Folge der Stromschnellen, die aus der Verengung des Flussbettes durch Bauwerke entstehen, Schwierigkeiten, ihre Schiffe unter Brücken stromauf hindurch zu bringen. Die meist schwach bemannten Kähne unserer Ströme werden kurz nach Passiren von Brücken vor Anker gelegt, um der Mannschaft eine Erholungspause zu gönnen. Hat man also ein Kabel in der Nähe solcher Brücken zu verlegen, so wird man dasselbe, wenn irgend möglich, aus obigem Grunde unterstrom der Brücke versenken, da es oberstrom viel eher der Beschädigung ausgesetzt ist.

Unter Umständen ist man genöthigt, Wasser-Kabel aus mehreren Stücken zusammenzusetzen. Die Verbindungen werden in analoger Weise ausgeführt, wie auf Seite 119 bis 127 beschrieben wurde. Da jedoch diese Kabel mehr auf absolute Festigkeit in Anspruch ge-

Digitized by Google

nommen sind, als die unterirdischen, so ist die Verbindung der Kabelschutzdrähte derart auszuführen, dass die Leitungsadern nicht gefährdet werden können.

Die Anfertigung der Löthstellen geschieht auf einem verankerten Boote von genügender Grösse. Die Kabelenden werden herangeholt, am Bord befestigt und 75 Cm. von den Enden Wickelbunde gemacht. Man legt die Gummi-Adern frei, verkürzt sie 25 Cm. und fertigt nun die Löthstellen, wie bei den Land-Kabeln. Um die Kabel unverrückbar fest zu halten, so dass während der Arbeit die Löthstellen nicht auseinander gerissen werden können, wendet man eine besondere Spannvorrichtung an, in welcher die Kabel durch starke Klemmbacken befestigt werden. Nach Vollendung der Löthstellen und nach Umlegen der Hanf-Bespinnung legt man die eisernen Schutzdrähte wechselseitig ineinander und biegt die über die Wickelbunde hinausstehenden Enden im rechten Winkel um. Zwischen den Aufbiegungen wird nun die ganze Verbindungsstelle mit 4 Mm. starkem, verzinkten Eisendraht dicht umwickelt, wobei man ein Windeeisen anwendet, damit der Draht fest anliegt und die aufgebogenen Schutzdrähte an der Wickelung einen sicheren Halt haben. Die Wickelung wird an den Enden noch durch eine zweite Lage verstärkt, die Enden der Schutzdrähte ganz umgebogen, mit hölzernem Hammer festgeklopft und gleichfalls mit Draht bewickelt. Die ganze Verbindungsstelle umgiebt man mit Hanf und bestreicht alles mit creosotfreiem Asphalt. Ist die Spleissung mit der nöthigen Sorgfalt angefertigt, so gewährt sie in den meisten Fällen die nöthige Sicherheit. Genügt diese Befestigungsweise nicht, so kann man eiserne Verbindungs-

Digitized by Google

muffen anwenden, wie sie Lair und Frischen construirt haben. *)

Die See-Kabel. Je nach der Natur des Gewässers, in welches ein Kabel zu versenken ist, wird sowohl die Stärke der Construction als auch die Art der Verlegung sich richten. Auf den Binnenseen werden in den meisten Fällen die auf Seite 140—144 gegebenen Regeln anwendbar sein; für die Meeres-Kabel jedoch müssen ganz besondere Vorkehrungen getroffen werden, wie sie die Natur eines so grossen, immer bewegten Gewässers erfordert.

Die Construction des Kabels muss vor allen Dingen derartig sein, dass es Sturm und Wellen widerstehe; auch ist dasselbe dem Angriffe grosser, schwerer Schiffsanker, allerlei Seethieren und dem Zerreiben an scharfen Felskanten ausgesetzt.

Nach Feststellung der Trace, in welche das Kabel gelegt werden soll, wird die Länge bestimmt.

Ein See-Kabel setzt sich aus drei Theilen zusammen, deren Schutzdrähte je nach der Tiefe, in welche dieselben zu liegen kommen, construirt werden. Man unterscheidet darnach Tiefsee-, Zwischen- und Küsten-Abtheilungen. Das Tiefsee-Kabel wird immer das längste sein. Die Länge des Zwischen- und Küsten-Kabels richtet sich nach der Beschaffenheit des Meeresgrundes.

Die siebenlitzige Kupferader schützt man gewöhnlich durch drei Lagen Guttapercha mit Zwischenlagen von Chatterton's Compound. Per Seemeile (5565·18 Mtr. oder 20 Seemeilen auf 1° des Aequators) verlangt man von einem Kabel, welches 24 Stunden lang in Wasser von

*) Rother's Telegraphenbau giebt S. 286 eine Beschreibung solcher Muffen, desgl. Zetzsche's Handbuch, Bd. III.

Digitized by Google

75° Fahrenheit (= 24° C.) gelegen hat, einen Isolations-Widerstand von 250 Megohm.*) Die Gummi-Adern sind mit bestem russischen, gebeizten Hanf zu umspinnen und bis zur Verwendung in Gerbwasser zu halten. Das Haupt-Kabel erhält 15 circa 3 Mm., das Zwischen-Kabel 10 circa 4·5 Mm., das Küsten-Kabel 12 circa 7·5 Mm. starke, verzinkte Eisendrähte. In einer Länge von 2 Mtr. darf nur ein Eisendraht geschweisst sein. Das Küstenkabel erhält ausserdem noch drei entgegengesetzt gewickelte Lagen von bestem getheerten russischen Hanf, die durch Clark und Brights Masse von einander getrennt sind. Die Qualität der Materialien, besonders die Festigkeit des Eisendrahtes, die Beaufsichtigung der Fabrikation und die Prüfung der Adern werden analog ausbedungen wie bei den Land-Kabeln.

Für etwaige Fehlerbestimmungen nach Verlegen des Kabels ist es höchst wichtig, die elektrischen Eigenschaften jeder Rolle vorher zu bestimmen. Die Resultate werden in Tabellen genau eingetragen, die einzelnen Längen in gleicher Reihenfolge, in welcher sie untersucht wurden, durch die Seite 119 beschriebene Methode vereinigt und die ganze Verbindung durch besonders construirte Muffen geschützt. Die Prüfung der Löthstellen nach der Seite 125 beschriebenen Clark'schen Accumulations-Methode darf nicht mehr als den doppelten Ladungsverlust in einer Minute ergeben, als ein gleich langes, nicht gelöthetes Kabelstück.

Folgendes Beispiel eines in England gefertigten See-Kabels möge zur Veranschaulichung der Verhältnisse dienen:

*) H. R. Kempe: A handbook of electrical testing. London. Trübner & Co.

Digitized by Google

Details der Rolle eines Kabels.

Datum der Anfertigung	Nr. der Rolle	Länge der Rolle		Gesammtgewicht			Gewicht pro Knoten		
		Yards	Knoten	Kupfer Pfd.	Guttapercha Pf.	Summa Pf.	Kupfer Pf.	Guttapercha Pf.	Summa Pf.
8. Mai 1882	1	4073	2·0074	214	302	516	106·6	150·54	257.04

1 Pfund englisch = 0·4359 Kg.

Leitungswiderstand der Rolle Nr. 6 bei 75° F.

Länge	Widerstand der Zuleitungdrähte Ohms	Gesammtwiderstand des Leiters incl. Zuleitungsdrähte Ohms	Widerstand des Kupferleiters Ohms	Widerstand pro Knoten Ohms	Verhältniss der Leitungsfähigkeit in Procenten des reinen Kupfers
2·0074	1·46	24·51	23·05	11·05	97·7

Digitized by Google

Dasselbe Kabel ergab bei Prüfung auf Isolation bei 75° F. einen Gesammtwiderstand von 13175 Megohm oder von 254·5 Megohm per Knoten.

Ist das Kabel in seiner ganzen Länge fertig gestellt, so wird dasselbe nochmals im Ganzen auf Isolation geprüft und alsdann auf besonderen, zu diesem Zwecke eigens gebauten und entsprechend ausgerüsteten Kabelschiffen verladen.

Das Auslegen der Kabel, die stete Controle in Bezug auf Isolation und Widerstand, die stetige Correspondenz mit der Küste bieten die grössten Schwierigkeiten. Eine Beschreibung der Vorrichtungen und der Methoden, welche man zur Legung ersonnen hat, bietet interessante Momente genug; es würde jedoch hier zu weit führen, alles in ausführlicher Weise darzustellen. (Näheres findet man in den mehrfach genannten Werken von Rother, Schellen, Kempe, sowie in der Zeitschrift von Dr. Brix, Dingler's polytechnischem Journal; the atlantic telegraph. H. M. Field, the history of the atlantic telegraph, und Russel' the atlantic telegraph.)

Die Kabel, welche für elektrische Beleuchtung und sonstige Zwecke der Elektrotechnik verwendet werden, sind in Cap. II. schon besprochen worden. Die Verlegung derselben unterscheidet sich durchaus nicht von den Arbeiten, welche für die Versenkung von Kabeln der Verkehrstelegraphie in den voraufstehenden Capiteln geschildert wurden; es erscheint daher eine besondere Abhandlung für diese Zwecke nicht nöthig.

Bei Anlage von Kabel-Leitungen aller Art hat man darauf zu achten, dass dieselben durch Frost nicht zerstört werden können, besonders an Stellen, wo sie über Tage in Rohren etc. liegen.

Digitized by Google

VI.

Einführung der Leitungen in die Gebäude.

1. Die Einführung der oberirdischen Leitungen

findet bei der Verkehrstelegraphie durch Ebonitröhren statt. Man verwendet hierzu nur die beste Sorte Hartgummi in Röhren von 10 Mm. Weite und 5 Mm. Wandstärke. Gegen Eindringen von Feuchtigkeit in das Innere des Rohres befestigt man am vorderen Ende desselben eine 65 Mm. weite Glocke mit krummem Hals, die man mit Hilfe einer besonderen Verbindungsmuffe aufschraubt und durch Chatterton's Compound oder Mennige fest verkittet, damit keine Feuchtigkeit in die Fugen dringt. Unter allen Umständen muss man darauf halten, dass nur erste Qualität Hartgummi zur Verwendung kommt, da ein poröses, schlechtes Material Ableitungen des Stromes und Betriebsstörungen bei feuchten Wänden verursacht.

In entsprechender Länge je nach der Mauerstärke werden die Rohre möglichst dicht neben einander in die Pfeiler zwischen den Fenstern oder über den Fensterbogen vermauert oder eingegipst. Bei einer grösseren Anzahl von Leitungen verlegt man die Rohre, schachbrettartig

Digitized by Google

angeordnet, in einen gemeinschaftlichen, schmalen Holz-Canal. Da in diesem Falle die Ebonitglocken nicht Platz haben, so schützt man die vorderen Oeffnungen der Rohre an der äusseren Wand durch ein kleines Blechdach, welches oben in einer Mauerfuge gut gedichtet und seitwärts festgenagelt wird. Der untere Rand des Daches enthält zur besseren Festigkeit einen starken Eisendraht, dessen vorstehende Enden in die Mauer einzulassen sind.

Früher setzte man in die Verschlussplatten des Canals kleine Porzellanfutter ein, oder man bohrte in einen Holzklotz Löcher und führte die Drähte frei hindurch, so dass sie sich nicht berührten. Diese Methode hat jedoch schon vielfach zu Ableitungen oder Nebenschliessungen Veranlassung gegeben. Man sollte niemals die Kosten scheuen, eine absolut gute und sichere Isolation herzustellen.

Wie verderblich eine Versäumniss in dieser Hinsicht wirken kann, möge folgender Fall erläutern:

Die meisten Bahnen Deutschlands haben ca. alle 4—5 Km., in einer Wärterbude auf der Strecke stationäre Morse-Apparate, sogenannte Wärter- oder Strecken-Apparate, zur Herbeiholung von Hilfe.

Da diese Wärterbuden jedem Wind und Wetter auf freier Strecke preisgegeben sind, so werden deren Umfassungsmauern besonders im Frühjahr oft sehr feucht. Eines Tages meldete die nächst einer solchen Bude gelegene Eisenbahn-Telegraphen-Station, dass sie nach einer Richtung wohl Schrift empfange, aber nur die nächste Station ihre Antwort erhielte. Alle Anzeichen deuteten auf einen starken Erdschluss hin. Man revidirte die Stationen und Leitungen, die Wärterbuden, beseitigte

Digitized by Google

nasse Zweige, welche auf den Leitungen lagen, der Fehler war nicht zu finden. Mit Hilfe dse Differential-Galvanometers entdeckte man schliesslich einen Bodenschluss in der Einführung einer Wärterbude. Die Wand hatte innen und aussen Porzellanrohre, durch welche ein stark gewachster und doppelt besponnener, also für gewöhnliche Verhältnisse gut isolirter, Kupferdraht führte. Das Auge konnte also hier keine mangelhafte Isolirung entdecken, nur das Instrument zeigte eine solche an. Die Einführung wurde zerschnitten, provisorisch durch das Fenster neu bewirkt und der Fehler war behoben. Die weitere Untersuchung ergab, dass in der Mitte der Mauer die beiden Porzellanrohre nicht zusammenstiessen und die sonst unverletzte Bespinnung des Drahtes auf dem sehr feuchten Mauerwerk lag. Hier also fand der Strom einen Weg zur Erde, die Ruhestromleitung war also auch beim Tastendruck nicht ganz unterbrochen und konnte daher die nächst gelegene Station keine Zeichen nach entfernteren Stationen geben.

Als Einführungsdrähte sollte man stets Guttaperchadrähte verwenden, welche mit asphaltirtem Hanf oder sonst gut imprägnirter Baumwolle besponnen oder umklöppelt sind (resp. gute Bleirohr-Kabel).

In Folge der eigenthümlichen Fabrikation der zur Isolirung verwendeten Guttapercha bildet sich, falls die Gummi-Adern unbesponnen im Freien liegen, Schwefelsäure, die Witterungs-Einflüsse thun das übrige, die Isolirung wird brüchig und mangelhaft. Unbesponnene Guttaperchadrähte darf man also nicht verwenden.

Wenn von solchen Drähten auch das Meter je nach Stärke und Isolation 30—50 Pfennig kostet, die Kosten

Digitized by Google

werden durch die Vorzüge guter Isolation bei weitem aufgewogen.

Von der Endstange oder einer entsprechend hergestellten Abzweigung führt man die Luftleitung an kleine, direct im Mauerwerk oder bei grösserer Zahl auf besonderen Riegeln aus Holz oder Eisen befestigte Isolatoren. Dieselben müssen unterhalb der Einführung sich befinden, damit kein Wasser längs der Drähte in die Wand gelangen kann. Den von der Isolirung befreiten, blanken Kupferdraht wickelt man fest um den Eisendraht am kleinen Isolator und verlöthet beide miteinander sorgfältig. Es ist unter allen Umständen darauf zu halten, dass die Telegraphenarbeiter alle Drahtverbindungen, besonders diejenigen, welche im Freien liegen, verlöthen. Es ist dieses für den sicheren metallischen Contact zur guten Fortleitung des Stromes durchaus erforderlich. Oft sind die Leute zu träge, den Löthkolben warm zu machen oder sie wollen an Löthzinn sparen. Man muss ihnen daher die absolute Nothwendigkeit dieser Massregel klar machen, sie genau controliren und nöthigenfalls bestrafen.

Die Einführungsdrähte sind ohne irgend eine Unterbrechung möglichst direct zum Apparattisch und hier an die entsprechende Lamelle des Blitzableiters zu führen.

Die Einführungscanäle sind so zu construiren, dass man die Verschlussplatten an den Enden abheben und eventuell die Drähte revidiren kann. Zu diesem Zwecke setzt man sie gewöhnlich aus zwei Hälften zusammen, von denen sich die obere abschrauben lässt.

Bei der Eisenbahn-Telegraphie lassen sich obige Normen nicht immer anwenden. Die Anlagen haben

Digitized by Google

hier einen mehr ambulanten Charakter. Die sich steigernden und oft wechselnden Verkehrsbedürfnisse machen öftere Veränderungen und Verlegungen nothwendig. Die von den obigen abweichenden Einrichtungen liegen jedoch mehr in den Zimmerleitungen.

Die Einführungen der oberirdischen Telegraphen-Leitungen in die Vermittlungsämter haben, entsprechend den charakteristischen Abweichungen von denjenigen der Verkehrstelegraphie, ganz besondere Construction erhalten.

Auf dem Dache des Gebäudes, in welchem das Vermittlungsamt gelegen ist, errichtet man einen thurmartigen Bau aus Holz oder Eisen. Derselbe erhält so viel Seiten, als abzweigende Linien anzulegen sind, gewöhnlich ist derselbe vier- oder achtseitig. Die Seiten sind circa 4 Mtr. hoch und circa 2·80 Mtr. breit, an welchen die erforderliche Anzahl Isolatoren befestigt werden. Durch diese Anordnung erreicht man bei einer grösseren Zahl von Leitungen Uebersichtlichkeit und leichte Zugänglichkeit. Gegen Regen schützt man diesen Einführungsthurm durch ein, nach allen Seiten abgewässertes, weit ausladendes Dach. Dasselbe enthält zwei Oberlichtfenster und ist mit Zink abgedeckt. Der hölzerne Thurm wird gewöhnlich aus 20 Cm. im Quadrat starken Hölzern hergestellt, die durch Querriegel und Streben einen sichern Verband sowohl untereinander als auch mit der Dachbalkenlage und dem Gespärre erhalten. Um den Thurm herum läuft auf dem Dache eine 1 Mtr. breite Gallerie mit einem eisernen Geländer. Die Wände des Thurmes sind mit Holz verkleidet. Auf einer Seite befindet sich eine Thür.

Digitized by Google

Im oberen Drittel der Höhe des Thurmes sind kleine Isolatoren in sechs Reihen zu je 22 Stück befestigt, so dass über 500 Leitungen eingeführt werden können. Eine Treppe führt auf die Gallerie. In Höhe der untersten Isolatorenreihe ist im Innern ein 50 Cm. breites Sitzbrett für die Arbeiter befestigt. Will man den Thurm selbst nicht zur Abspannung benützen, so werden Abspanngestänge in der Nähe desselben aufgestellt und mit 2 Cm. starken regulirbaren Eisenankern gesichert. Der Stahldraht endet an diesen Gestängen und ist bis zu den kleinen Isolatoren des Thurmes mit Eisenbindedraht fortgesetzt. Von hier führen nach den Klappensystemen im Apparatzimmer vieraderige Bleirohr-Kabel, wie sie im Anhange abgebildet sind. In den Zimmern sind die Bleirohr-Kabel durch Klemmleisten, von da bis zum Thurm in Holzverkleidungen befestigt. Hier vertheilt man sie nach den vier Ecken des Thurmes und schlägt sie mit Gasrohrhaken an den Eckpfosten fest. An der untersten Isolatorenreihe wird die Bleihülle entfernt und die Gummi-Adern mit Drahtklammern an der Holzverkleidung bis über den betreffenden Isolator geführt, durch ein kleines Loch der Holzverkleidung gesteckt und mit der Luftleitung verlöthet.

Unmittelbare Leitungen führt man durch den Thurm womöglich hindurch (ohne dieselben ins Vermittlungsamt einzuführen) und verbindet die Enden mit Drahtklemmen, die für etwaige Untersuchungen leicht gelöst werden können.

Bei geringerer Anzahl von Leitungen bewirkt man die Einführung in das Vermittlungsamt an Stelle des Thurmes durch Holzschächte, in welche die Bleirohr-

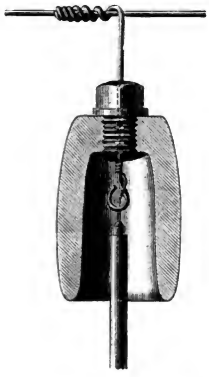
Digitized by Google

Kabel verlegt und von hier durch Holzrinnen bis unter das Abspanngestänge geführt werden.

Die Verbindung der Gummi-Adern mit der Luftleitung geschieht durch die Fig. 45 abgebildeten Glocken.

Die Einführung zu den Fernsprechstellen. In möglichster Nähe der betreffenden Stelle wird vom Gestänge auf dem Dache eine Abzweigung hergestellt, welche man auf Isolatoren bis dicht vor das Fenster des Zimmers führt, in welchem der Apparat aufgestellt werden soll. Die Einführung bewirkt man durch ein Bleirohr-Kabel, das auch eventuell bis zum Gestänge geführt wird, falls Luftleitung nicht anwendbar ist. Der Uebergang aus der Luftleitung zur Gummi-Ader des Kabels ist in Fig. 45 dargestellt. In der isolatorförmig gestalteten Hartgummiglocke ist oben ein Kopfstück dicht eingeschraubt. In letzteres wird schon in der Fabrik ein Stück verzinkter Eisendraht wasserdicht einvulkanisirt. An diesen verlöthet man die Kupferader des Kabels und schraubt die Glocke über die Löthstelle, so dass Feuchtigkeit nicht ins Kabel gelangen kann. Die Verlöthung des Eisendrahtes mit der Luftleitung geschieht nur in den letzten Windungen, damit der erstere nicht leicht abbricht, sondern sich etwas bewegen kann. Die Bleihülle des Kabels muss genügend in die Glocke hineinragen und darf den Rand derselben nicht berühren.

Fig. 45.



Digitized by Google

Die Einführung der oberirdischen Leitungen für elektrische Beleuchtung geschieht in analoger Weise wie bei den Leitungen der Verkehrstelegraphie, jedoch verwendet man hier vielfach Glasröhren statt der sehr viel theureren Ebonitröhren. Wo stärkere Drähte gebraucht werden, lässt sich massiver Kupferdraht in Folge der mehrfach nothwendigen Biegungen nicht gebrauchen. Man nimmt an solchen Stellen biegsame, isolirte Kupferdrahtseile und führt dieselben, um das Eindringen von Regenwasser zu hindern, durch krumme in Fig. 46 abgebildete Porzellanröhren. Da dieselben jedoch in grösseren Längen zu theuer sind, so verwendet man durch den übrigen Theil der Mauer hindurch Glasröhren von entsprechender Weite. In einzelnen Fällen wird man auch die an Läutewerken und Wärterbuden der Eisenbahnen vielfach verwendeten porzellanenen Einführungstrichter, welche in Fig. 47 *a* und *b* abgebildet sind, anwenden können. Der Trichter wird mit zwei Schrauben auf ein eichenes Brett geschraubt, das man an der Mauer befestigt. Der Zwillingstrichter Fig. 48 dient zur Einführung senkrecht von oben und wird in ein ent-

Fig. 46.

Fig. 47 a.

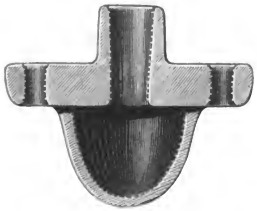


Fig. 47 b.

Digitized by Google

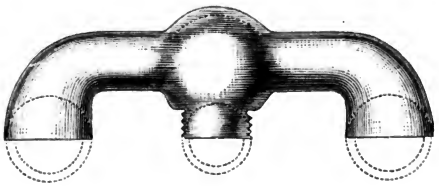
sprechend geformtes Rohr, wie z. B. bei Spindel-Läutewerken, eingekittet.

Wir kommen jetzt zur

2. Einführung versenkter Telegraphen-Leitungen.

Die unterirdischen Kabel führt man, wo Keller in den Gebäuden vorhanden sind, derartig durch das Fundament-Mauerwerk, dass die Leitungen noch unter der Kellersohle liegen. Die Durchführungs-Oeffnung in der Mauer wird durch ein vermauertes eisernes Rohr gebildet. An passender Stelle legt man die Kabel in einem Mauerfalz womöglich bis ins Apparatzimmer, um-

Fig. 48.



giebt sie mit schlechten Wärmeleitern und bekleidet den Falz mit Holzbrettern.

In dem Apparatzimmer endigt das Kabel in einem Schränkchen, welches mit Schlackenwolle ausgefüllt wird. Die einzelnen Adern führt man durch Porzellantüllen an einzelne isolirte Klemmen, oder an einen kleinen auf Hartgummi montirten Linienumschalter. Die Auflösung des Kabels in einzelne Adern erfolgt in analoger Weise wie bei den Ueberführungssäulen S. 136.

Von dem Kabelschränkchen aus verlängert man jede Ader mit isolirtem Drahte nach besonderen Blitz-

Digitized by Google

ableitern für jede Ader, und erst von hier führen dieselben zu den Apparaten.

Ist die Führung des Kabels im Innern eines Gebäudes nicht möglich, so wird dasselbe an der Aussenwand in die Höhe geführt, entweder in einem Mauerfalz oder in einer starken Holzrinne. An diesen Stellen ist alles möglichst luftdicht abzuschliessen und das Kabel gegen Sonnenwärme zu schützen, beides ist für eine gute Erhaltung der Guttapercha-Adern durchaus nothwendig. Bei kurzen Kabel-Leitungen benützt man die Schutzdrähte zur Rückleitung, so dass in vielen Fällen eine besondere Erdleitung entbehrlich wird.

VII.

Anlage der Erdleitungen.

Wie schon in der Einleitung mitgetheilt wurde, benutzte man anfänglich für telegraphische Zwecke zwei metallische Leiter, bis Steinheil im Jahre 1837 diese Einrichtung dahin abänderte, dass er nur einen Draht benutzte und, unter Zwischenschaltungen der Telegraphen-Apparate, denselben an jedem Ende zur Erde ableitete. Diese Ableitungen führt man, wo es irgend angängig ist, an Metallplatten, die unter den Grundwasserspiegel versenkt sind. Auf diese Weise ist es möglich, den Strom galvanischer Batterien etc. auch ohne eine zweite Drahtleitung zur Kraftäusserung zu bringen. Um dieses sicher zu erreichen, ist ein inniger

Digitized by Google

Contact der Erdplatten mit dem feuchten Erdreich resp. Wasser durchaus erforderlich. Findet ein solcher Contact nicht statt, oder ist derselbe durch mancherlei Ursachen verändert worden, so kann in den zugehörigen Telegraphen-Leitungen ein Strom nicht entstehen. Man sagt dann, die »Erde« ist schlecht, oder die Erdleitung ist unterbrochen.

Hieraus wird man entnehmen, wie wichtig es ist, diesen innigen und dauernd sicheren Contact zwischen Erdplatte und Erdreich zu erzeugen.

Lange hat man diesem Factum wenig Rechnung getragen; erst in neuerer Zeit fängt man an, der Sache die erforderliche Sorgfalt zuzuwenden. Auf die Herstellung der oberirdischen und versenkten Drahtleitungen hat man von Jahr zu Jahr eine grössere Sorgfalt verwendet und die Herstellungsmethoden auf einen hohen Grad der Vollkommenheit gebracht; die Erdleitungen aber bisher vielfach sehr nebensächlich behandelt, obgleich sie ebenso wichtig als die Drahtleitungen sind.

Nachdem man längere Zeit Platten aus den verschiedensten Metallen versucht hatte, ist man neuerdings allgemein zur Verwendung von Eisenplatten, resp. Kupferplatten gekommen. Da es jedoch in vielen Fällen nicht möglich ist, das Grundwasser zu erreichen, muss man sich oft mit nur feuchtem Erdreich begnügen. In diesem Falle ist die Contact-Oberfläche möglichst gross zu machen. Im Allgemeinen reicht man für die Zwecke der Verkehrstelegraphie mit Platten von ca. $^1/_2$ Qu.-Mtr. aus. Für die elektrischen Blockanlagen jedoch ist man, besonders in wenig feuchtem Boden, genöthigt, Platten von 1 bis 4 Qu.-Mtr. Grösse anzuwenden. Es empfiehlt sich, Lei-

Digitized by Google

tungen, welche mit Inductionsstrom betrieben werden, stets an besondere Erdplatten zu führen, ihnen nicht mit den Telegraphen-Apparaten eine gemeinschaftliche Erde zu geben. Sobald nämlich die Erde nicht eine hinreichend grosse Platte oder nicht ganz guten Contact mit der Erdfeuchtigkeit hat, fliesst der Strom, statt in die Erde, zum Theil in die anderen Leitungen und giebt zu Störungen, ja bei Block-Apparaten zu verhängnissvollen Irrthümern Veranlassung. Zur Ersparung an Erdarbeit giebt man den Platten die Form eines Cylinders.

Für die starken, durch Maschinen erzeugten Dynamo-Ströme sind auch die besten Erdleitungen bei allen bisherigen Versuchen als unzulänglich erschienen, und stellt man daher für dieselben eine metallische Rückleitung her. Zur Erdleitung selbst verwendet man Seile aus Eisen- oder Kupferdrähten in verschiedenen Stärken, welche man in solidester Weise durch Vernieten und Verlöthen resp. durch besondere Muffen mit den Erdplatten verbindet. Als mustergiltig in dieser Beziehung kann man die folgende Herstellungsweise von Erdleitungen betrachten.

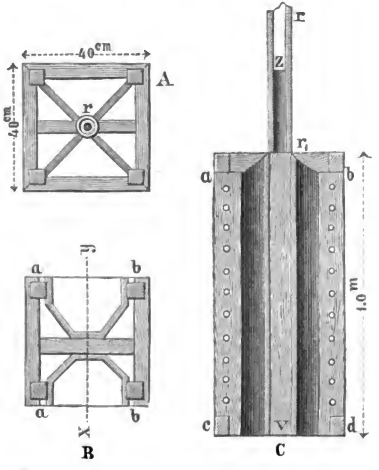
Für die periodisch sich wiederholende Untersuchung der unterirdischen Kabel hat man besondere Erdplatten construirt und zwar aus Bleiplatten, da dieselben in der Erde nicht leicht durch Oxydbildung leiden, so dass der leichte Uebergang des elektrischen Stromes aus der Platte ins Erdreich möglichst gesichert ist. (Die Zeitschrift des deutsch-österreichischen Telegraphen-Vereines Bd. 14, S. 221, giebt näher die Gründe für die Wahl von Bleiplatten an.)

Die Bleiplatten nimmt man gewöhnlich 1 Mtr. hoch, 0·5 Mtr. breit und 5 Mm. stark. Zwei solcher Platten

Digitized by Google

werden, um sie gegen Verbiegen zu schützen, in einem Holzgestell mit Bleinieten festgenietet. Fig. 49 *A* giebt die obere Ansicht des Holzgerüstes. Dasselbe besteht aus 4 Eckpfosten, die oben und unten durch Riegel gehalten werden. In der Mitte dieses Gerüstes ist ein vierkantiger Pfosten durch Querriegel und Diagonal-

Fig. 49.



streben befestigt. Fig. *C* zeigt das Ganze im Längsschnitt in Richtung der Linie *x*—*y* des horizontalen Mittelschnittes *B*. Die Bleiplatten sind, wie der Schnitt *B* zeigt, gebogen und an den Eckpfosten befestigt (in beiden Fig. *B* und *C* mit *a b c d* bezeichnet). Die Mittelsäule *v z* überragt das Gestell ca. 30 Cm. und endigt in einem

Digitized by Google

runden, ca. 38 Mm. starken Zapfen. Auf diesen schiebt man ein der Zapfenstärke entsprechend weites Bleirohr von 5 Mm. Wandstärke, an welches die oben mit Lappen versehenen Bleiplatten beiderseits angelöthet werden. Das Bleirohr *r r* wird so lang genommen, dass es von der unter den Grundwasserspiegel versenkten Platte bis 0·5 Mtr. über die Erdoberfläche reicht. Von hier führt man die Leitung vermittelst eines passenden eisernen Gasrohres bis in die Nähe des Apparatzimmers, in welchem man die Erdleitung nach Bedürfniss mit ca. 3 Mm. starkem Kupferdraht verzweigt.

In manchen Fällen wird es möglich sein, die Erdplatte in einen nahe gelegenen Brunnen, Teich oder in fliessendes Gewässer zu versenken (eine Kupfer-, respective Bleiplatte dürfte sich für einen Brunnen aus Gesundheitsrücksichten nicht empfehlen). In Ermanglung von grösseren Metallplatten kann man in vielen Fällen Stücke von Eisenbahnschienen oder Gasröhren vortheilhaft verwenden, besonders da, wo die Erdleitung nur für Ströme von wenigen galvanischen Elementen dienen soll, oder man nimmt einen Ringdraht, wie dies auf Seite 173 für die Kabel-Blitzableitung beschrieben wurde. Die Befestigung der Erdleitung an grösseren Metallplatten oder Eisenschienen wird am besten durch Rothgussmuffen erreicht, welche man anschraubt und wo möglich hart verlöthet. In diesen Muffen befestigt man ein Drahtseil, verbohrt es durch kleine Stifte und löthet dasselbe fest. (Ein Walzeisen-Cylinder, 1 Mtr. hoch, 0·30 Mtr. im Durchmesser bei 4 Mm. Wandstärke, mit zwei solchen Muffen mit circa 2 Mtr. Eisendrahtseil kostet circa 20 Mark.)

Digitized by Google

Die Erdleitungen der einzelnen Fernsprechstellen werden aus 2 Mm. starken Kupferdrähten hergestellt, welche man mit den Bleiröhren der Wasserleitung verlöthet. Ist eine solche nicht vorhanden, auch in der Nähe nicht erreichbar, oder entsteht, wenn man mehrere Sprechstellen gemeinschaftlich an eine Wasserleitung legt, ein Mitsprechen, so legt man eine besondere Erdleitung aus drei 4 Mm.-Eisendrähten bis ins Grundwasser, wie dies Seite 80 besprochen wurde, und trennt die Apparate durch verschiedene Erdleitungen. Kann man aus örtlichen Rücksichten selbst nicht mit dem Erdbohrer im Hofe des Gebäudes den Zweck erreichen, so führt man die Erdleitung bis zu dem nächsten Gestänge, welches mit Blitzableiter versehen ist.

Kann man in Gebirgsgegenden feuchtes Erdreich oder einen Brunnen nicht erreichen, so verzweigt man die Erdleitung mit einem Hauptstrange und zahlreichen Abzweigungen (wie die Aeste eines Baumes); Erdplatten sind für diesen Fall nicht erforderlich.

Die Eisenbahn-Telegraphen-Stationen können ihre Erdleitungen in vielen Fällen dadurch verbessern, dass sie dieselben mit den Schienengeleisen oder Rohrgestängen der Weichenstell-Apparate verbinden. Da man neuerdings vielfach die Schwellen und den Schienenfuss mit Boden beschüttet, und mehrfach die Schwellen auch aus Eisen bestehen, bieten selbst bei trockenem Wetter die Eisenbahnschienen eine ganz gute Hilfserde.

Bei Messungen, die Verfasser auf Stationen des Sudeten-Gebirges ausführte, ergab sich Folgendes: Von vier Erdleitungen hatte die an den Eisenbahnschienen liegende nur 6·3 Ohm Widerstand; ein Ringdraht, in

Digitized by Google

einem nassen Graben 2 Mtr. tief versenkt, ergab 37·1 Ohm. Zwei andere Erden, von denen die eine im Keller lag, hatten 38·9, respective 50·2 Ohm Widerstand. Als Normalerde diente eine in den nahen Brunnen hineingelassene Kupferplatte.

Der Widerstand der beiden Erdleitungen der nächstgelegenen Station wurde vom ersten Orte aus auf folgende Weise bestimmt: Der Widerstand der zwei, die beiden Stationen verbindenden Leitungen, in der Schleife gemessen, betrug 274 Ohm, jede Leitung hatte also circa 137 Ohm Widerstand. Wurden beide Leitungen auf der entfernten Station an die beiden Erdleitungen gelegt, so ergab sich 352 Ohm Widerstand, und die Leitungen einzeln gemessen, mit Erde an jedem Ende, ergaben 190, respective 162 Ohm; die eine Erde hatte also 63, die andere 25 Ohm Widerstand. Beide Erdleitungen waren also nicht gut, da eine gute Erde gar keinen oder doch möglichst wenig Widerstand haben soll.

Eine eigenthümliche Herstellung von Erdplatten ist dem Telegraphen-Ingenieur Herrn J. v. Grüner patentirt worden. Uppenborn's Centralblatt giebt hierüber Bd. 1882, S. 90, folgende Beschreibung:

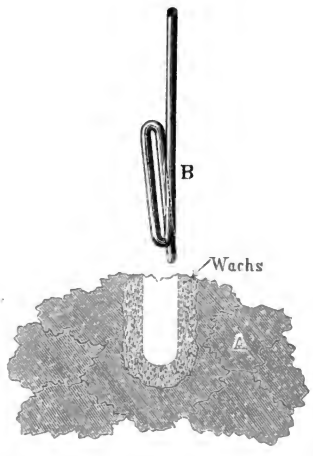
In ein feinkörniges compactes Stück Coaks (Fig. 50) wird ein 30 Mm. tiefes, circa 6 Mm. weites Loch gebohrt. Die Poren dieser Oeffnung werden durch Blasrohr und Lampe so lange mit Wachs getränkt, bis kein Wachs mehr eindringt. In dieses Loch schiebt man einen zur Schleife gebogenen 3 Mm. starken Kupferdraht, vergiesst ihn mit Blei und tränkt die Stelle oben um das Loch herum nochmals mit Wachs. Zuletzt streicht man Theer oder Asphaltlack darüber.

Digitized by Google

Von dieser Procedur hängt die Dauer der Erdleitung ab; erstere muss daher sehr sorgfältig und genau ausgeführt werden.

Das Versenken dieser Erdplatte geschieht in folgender Weise: Man hebt eine 1 Mtr. breite und 1 Mtr. lange Grube aus, die bei mittelfeuchtem Erdreich 1 Mtr. Tiefe erhält (nöthigenfalls auch tiefer gemacht wird). In diese Grube wird das Coaksstück *A* (Fig. 51) auf den mit feinerer Erde zu überdeckenden Boden gelegt; sodann schiebt man über den im Coaks befestigten Kupferdraht ein entsprechend langes gewöhnliches Bleirohr, welches mit seinem unteren Ende auf dem Coaks aufsitzt, und über das Bleirohr einen 8 Cm. hohen und 3—4 Cm. weiten Cylinder *C* aus Blei, der ebenfalls auf dem Coaks steht. Dieser Cylinder wird mit Pech ausgegossen, wobei man unten, um das Herausfliessen des Harzes zu hindern, mit Lehm den Cylinder verschmiert; s. Fig. 52.

Fig. 50.

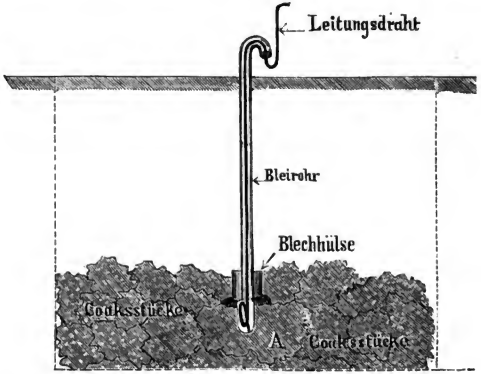


Auf diese Weise ist sowohl die Verbindungsstelle, als auch der ganze Erdleitungsdraht vor der directen Berührung mit der Erde und somit auch vor der früh-

Digitized by Google

zeitigen Zerstörung geschützt. Nun erfolgt die Vergrösserung der Erdleitung durch Zulegen von weiteren Coaksstücken, welche sich gegenseitig mindestens an zwei Punkten berühren müssen. In dieser Weise wird die untere Fläche der Grube mit beliebig grossen Coaksstücken ausgelegt. In die Zwischenräume der Stücke werden noch kleinere Brocken von Coaks eingeschoben, so dass eine vollständige Berührung der einzelnen Stücke

Fig. 51.



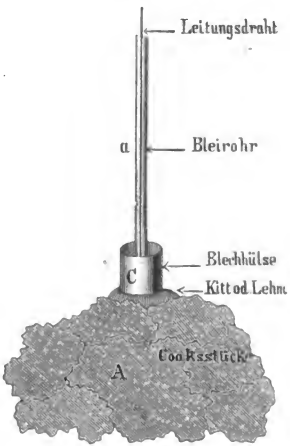
unter einander hergestellt wird. Hierzu genügen 12—14 Kgr. Coaks. Hierauf streut man feinere Erde auf die Coaksfüllung, begiesst das Ganze mit Wasser und füllt die Grube zu. Das Bleirohr wird über der Erdoberfläche umgebogen, damit kein Wasser zu dem Erdleitungsdraht eindringen kann. Da Bleirohr nach den Beobachtungen des Patentinhabers in sandigem Erdreich höchstens drei Jahre verhält, so fertigt die Telegraphenfabrik Teirich

Digitized by Google

& Leopolder in Wien jetzt solche Coaks-Erdleitungen mit einem, eigens hierzu präparirten Guttapercha-Drahtseil ohne Bleirohr.

Auf der Vorarlberger Bahn sind bereits alle Stationen mit solchen Erdleitungen versehen; dieselben zeichnen sich durch ihre gute, stets constante Leitungsfähigkeit und Billigkeit aus. Auch bei mehreren anderen Bahnen sind dieselben bereits in Anwendung. Neuerdings wurde constatirt, dass diese Erdleitung in ganz grobem, aufgeschütteten Boden (Schotter) ohne feinere Erde ebenfalls vortrefflich wirkt. Coaks ist ein Material, das in der Erde keine nachweisbare Veränderung erleidet; er ist genügend leitungsfähig, billig und bietet dem elektrischen Strome in Folge seiner mit Erde ausgefüllten Unebenheiten eine grosse Uebergangsfläche dar, während Metalle, die als Erdleitungen in Verwendung kommen, einer allmählichen Oxydation unterworfen sind, mithin zu Stromschwankungen Veranlassung geben.

Fig. 52.



Die erste Coaks-Erdleitung wurde in Feldkirch im December 1879 gelegt. Dieselbe wird fortwährend beobachtet.

Digitized by Google

Ihre Leitungsfähigkeit hat sich bis jetzt, 1883, stets constant erwiesen.

Beobachtungs-Resultate über die bei den deutschen Kabelmessämtern angelegten Erdleitungen aus Bleiplatten, wie sie Seite 186 beschrieben sind, liegen ihrer Neuheit halber noch nicht vor.

Nach den Beobachtungen des Herrn v. Grüner ist anzunehmen, dass unter gewissen Bodenverhältnissen die Bleiplatten in wenig Jahren unbrauchbar werden.

Wir können dieses Capitel nicht beschliessen, ohne die Untersuchungen über Erdleitungen mitzutheilen, welche Herr Dr. R. Ulbricht in der Elektro-technischen Zeitschrift 1883, S. 18—26, veröffentlicht hat. Der genannte Herr sagt:

»In der Telegraphie, wie in der Blitzableiter-Technik, ist zumeist der Ausbildung der Erdleitungen ein nur beiläufiges Interesse zugewendet worden, welches in keinem Verhältnisse zu der eingehenden Behandlung der oberirdischen Anlagen steht. Erst in neuerer Zeit hat die Aufmerksamkeit, welche man den Blitzableitungen schenkt, Vorschläge zu Abweichungen von den herkömmlichen Ableitungsformen veranlasst. In Bezug hierauf sind die bekannten Gutachten der kgl. preussischen Akademie der Wissenschaften aus den Jahren 1876—1880 durch werthvolle Fingerzeige von besonderer Bedeutung. Es wird in denselben darauf hingewiesen, dass die Wirkung der Erdleitungen durch Theilung der Erdplatten, durch Anwendung von metallischem Netzwerk oder von Metallstangen wesentlich gesteigert werden kann, ohne dass ein grösserer Materialaufwand erforderlich wird.

So viel mir bekannt ist, hat die Praxis von diesen Andeutungen noch wenig Gebrauch gemacht; vielleicht,

Digitized by Google

weil sich aus den allgemein gehaltenen Vorschlägen nicht ohne weiters bestimmte Ausführungsformen von zuverlässiger Brauchbarkeit herleiten lassen.«

Die Untersuchung des Herrn Ulbricht stellt sich nun die Aufgabe, in der bezeichneten Richtung gefundene Erdleitungsformen auf ihren Werth zu prüfen und zu vergleichen, beziehentlich zu neuen brauchbaren Formen zu gelangen.

Verfasser obiger Abhandlung berechnet zunächst genau den Erdwiderstand bei Anwendung einfach kugelförmiger Elektroden. Für verwickeltere Formen wendet er zur Erlangung handlicher Formeln statt genauer Rechnung ein Näherungsverfahren an, dessen Zulässigkeit er zuvor nachweist.

Diese theoretische Untersuchung vermittelst höheren Calcüls, auf deren Wiedergabe wir aus Mangel an Raum verzichten müssen, kommt schliesslich zu dem Resultate, dass ein engmaschiges Netz aus sehr dünnem Drahte das Vortheilhafteste ist.

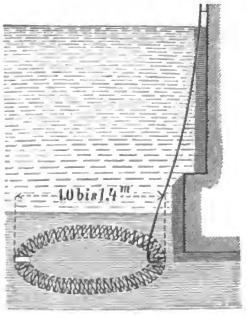
»Stellt man sich nun die Aufgabe, fährt Verfasser fort, diejenigen Erdleitungsformen zu ermitteln, welche unter gegebenen Verhältnissen wirksam und dabei vorzugsweise ökonomisch sind, so wird man sich zunächst über das zur Elektrode zu wählende Material klar sein, sodann aber unterscheiden müssen, ob die Versenkung bedeutende Erdarbeiten erwarten lässt oder nicht. Als Material für den Erdleitungskörper soll das vorzugsweise verwendete Kupfer angenommen werden, weil sich dasselbe im Erdboden erfahrungsgemäss sehr gut hält und in Folge seiner leichten Bearbeitbarkeit in geeignetere Formen gebracht werden kann, als z. B. das an sich

Digitized by Google

billige Gusseisen. Schwach dimensionirte Constructionen von Schmiedeeisen oder Walzeisen sind wegen ihrer geringen Haltbarkeit im Erdboden auszuschliessen.

Sind zum Zwecke der Versenkung nur geringe oder gar keine Erdarbeiten auszuführen, wie beim Vorhandensein von Teichen, Flüssen etc. oder bei ganz hohem Grundwasserstande, so wird man ausgedehnte Formen anwenden. Den stabförmigen Cylinder, beziehungsweise Hohlcylinder, den Draht, das Band, den schmalen Ring, das Netz. Unvortheilhaft ist die der Quadrat- oder Kreuzform sich nähernde Gestalt der Erdplatte.

Fig. 53.



Muss man dagegen zur Versenkung der Erdleitungskörper erheblich tief in den Boden eindringen, so ist die Form der Elektrode gedrängter zu wählen, so dass die erforderliche Wirkung mit einem minimalen Aufwande an Kupfer und Erdarbeit erzielt wird. Bei grossen Tiefen und da, wo der Boden das Bohren gestattet, empfiehlt sich hiernach die Einsenkung eines langen, schmalen Cylinders. Derselbe wird jedoch nur da eine innige Berührung mit der Erde erzeugen, wo er vollständig ins Grundwasser taucht.

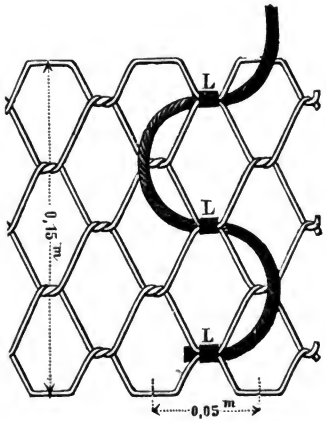
Bei mässigen Tiefen und in nur durchfeuchtetem Boden, wo bisher die Platte angewendet wurde, kann einem flachliegenden Elektrodenkörper der Vorzug gegeben werden. Die für einen solchen vorzunehmende Ausgrabung fällt zwar ins Gewicht, bietet aber den Vortheil,

Digitized by Google

die Bodenbeschaffenheit in der Tiefe sehr genau beurtheilen zu lassen und ein solides Verfüllen und Feststampfen des ausgehobenen Loches zu ermöglichen.«

Die vortheilhafteste Form, sagt Herr Ulbricht, für obige Zwecke ist der Netzring. Derselbe besteht aus 2·5 Mm. starkem Kupferdraht, hat 40 Mm. Maschenweite und ist aus einem Netzband als 160 Mm. breiter Flachring hergestellt, wie ihn Fig. 53 darstellt. Der Ring ist an einer Stelle offen, so dass er sich nach Bedarf biegen lässt; der laufende Meter wiegt 0·475 Kgr. Ein Netzband von 4 Mtr. Länge giebt, zu einem Flachring gebogen, 1·42 Mtr. äusseren und 1·10 Mtr. inneren Durchmesser des Ringes. Das Kilogramm Netzband kostet ca. 3·50 Mk. Ein Netzbandring von 1·26 Mtr. äusserem Durchmesser wiegt bei 3·45 Mtr. Netzbandlänge 1·64 Kgr. Die Befestigung des Drahtseiles am Netzring zeigt Fig. 54.

Fig. 54.



Sowohl probeweise in die Elbe versenkte Netzringe, als auch praktisch verwerthete Leitungen der Art ergaben die günstigsten Resultate und bestätigten die Zulässigkeit der oben erwähnten Berechnungen.

Digitized by Google

Die königlich sächsischen Staatsbahnen haben auf Grund dieser Untersuchungen für die hierzu geeigneten Fälle den Kupfernetzring als Erdleitungs-Elektrode eingeführt. Die pecuniären Vortheile gegenüber den Kupferplatten (eine Quadratplatte, 1¼ Mm. stark, wiegt 8·9 Kgr., bei 2 Mm. Stärke 17·8 Kgr.) bei nur 1·64 Kgr. Gewicht des Netzringes bei möglichst geringen Dimensionen, machen denselben auch geeignet, die Anlage von Blitzableitungen zu erleichtern und zur Ausbreitung dieser segensreichen Einrichtung beizutragen. Wenden wir uns jetzt zu derselben.

VIII.

Anlage von Blitzableitungen.

Gar mancherlei Vorschläge hat man schon gemacht, den Blitzschlag auf unsere Gebäude in unschädlicher Weise abzuleiten. Zahllose Constructionen von Schutzvorrichtungen sind erdacht und patentirt worden, doch noch keine ist zur allgemeinen Verwendbarkeit gelangt. Der Raum gestattet es nicht, auf die verschiedenen Principien und Systeme der Blitzableiter einzugehen, und müssen wir in dieser Beziehung auf die zahlreiche Literatur über diesen Gegenstand verweisen; hier handelt es sich nur darum, anzugeben, wie man in rationeller Weise die Ableitungen für die gedachten Zwecke anzulegen hat.

Da es, wie gesagt, sehr schwer ist, unter den vielfach vorhandenen Ableitungs-Constructionen diejenigen zu finden, welche man unter allen Umständen empfehlen kann, so halte ich mich an die vom königl. preussischen

Digitized by Google

Ingenieur-Comité gegebenen Vorschriften, welche auf dem Seite 168 erwähnten Gutachten der Berliner Akademie basiren.

Die genannte Behörde verwendete früher an den Blitzableiter-Anlagen zum Schutze von militär-fiscalischen Gebäuden, besonders an Pulvermagazinen, Drahtseile aus Eisen- oder Kupferdraht. Neuerdings nimmt man nur massiven Kupferdraht.

Jede Auffangstange erhält mindestens eine Ableitung; wo es die Wasserverhältnisse bedingen auch zwei und mehr Ableitungen, nach jeder Seite des Gebäudes eine und zwar aus 7—8 Mm. starkem Draht.

Sehr lange einzelne Leitungen, sowie Verbindungen der Auffangstangen mit Eisendecken macht man 9 Mm. stark.

An hohen Thürmen und bei sehr langen und gekrümmten Leitungen wendete man 11 Mm.-Draht an und bei mehreren Leitungen an einem Gebäude, sowie zur Verbindung der Auffangstangen unter sich ist 6 Mm.-Draht zu verwenden.

Die Drahtleitung darf nicht straff angezogen werden noch eingeklemmt sein, damit dieselbe bei Temperatur-Veränderungen sich ungehindert in der Längsrichtung bewegen kann.

Alle Verbindungen zwischen Theilen der Leitungen, resp. zwischen diesen und den Auffangstangen sind zu verschrauben und zu verlöthen, resp. durch Schraubenmuffen und Löthung herzustellen.

Die zu den Blitzableitern gehörigen Erdleitungen sind im Allgemeinen analog denen der Verkehrstelegraphie anzulegen. Das Ingenieur-Comité giebt hierüber noch folgende Vorschriften:

Digitized by Google

Jede Ableitung erhält eine Platte, welche unter den niedrigsten Grundwasserspiegel zu versenken ist; ein Brunnen darf hierzu nur benutzt werden, falls derselbe im Hause liegt.

Wo kein Wasser zu erreichen ist, legt man eine längere Leitung, wenigstens 60 Cm., unter die Erdoberfläche und zweigt abwechselnd alle 5 Mtr. eine 3 Mtr. lange Ader ab. Erdplatten sind hier nicht nothwendig.

Als Erdplatten verwendet man 2 Mm.-Kupferplatten, im Wasser 0·25 Qu.-Mtr., in feuchter Erde 0·50 Qu.-Mtr. gross. Rund gebogene Platten sind doppelt so gross zu nehmen. Bei mehreren Platten für ein Gebäude kann man die Dimensionen etwas kleiner wählen. *)

Anhang.

Die periodischen Kabelmessungen.

Die unterirdischen Leitungen kann man nicht wie die oberirdischen mit den Augen auf ihre Beschaffenheit untersuchen, hier können nur stetige, sich wiederholende Messungen Auskunft über ihren Zustand geben.

Zu diesem Zwecke nimmt man periodische, genaue Messungen allwöchentlich vor und zwar des Nachts, weil zu dieser Zeit die Leitungen ausser Betrieb gesetzt werden können, so dass Inductions-Störungen aus Nebenleitungen nicht eintreten. Sind solche vorhanden, so ist es unmöglich, genau zu messen.

*) S. auch Elektro-technische Zeitschrift 1882, S. 120 und 204.

Digitized by Google

Die Einrichtung eines Kabelmessamtes zeigt Fig. 55. (Siehe Seite 184 und 185.)

Spiegel-Galvanometer *Sp G* und Scala *Sk* nebst Lampe *Lp* sind auf zwei von einander getrennten Consolen aufgestellt. Das Mess-Instrument *Sp G* befindet sich rechts auf dem mit dem Richtmagnetsystem versehenen Consol *a b c d*, während die Scala *Sk* mit der Lampe *Lp* und Linse *Ls* auf das zweite Consol *e f g h* links gestellt ist.

Die beiden Console sind auf je zwei in der Wand befindlichen Haken befestigt, derart, dass die Platten derselben in einer Höhe von etwa 1·25 Mtr. über dem Fussboden liegen, so dass Scala und Spiegel des Galvanometers in etwa 1·50 Mtr. Entfernung von einander sich befinden.

Zur Aufstellung derübrigen Mess-Instrumente ist ein 105 Cm. langer, 50 Cm. tiefer und etwa 78 Cm. hoher Tisch *i k l m* verwendet, dessen Platte mindestens 4 Cm. stark sein muss und aus drei kreuzweise aufeinander geleimten Holzstärken besteht.

Zur Verbindung der Apparate untereinander ist guter isolirter Guttaperchadraht zu benutzen. Sämmtliche Verbindungen sind, mit alleiniger Ausnahme der Erdverbindungen zur Erdplatte *Es*, sorgsam angeordnet auf den Tisch geführt und mittelst übergelegter Lederläppchen und Holzschrauben auf dem Tische befestigt

Das Spiegel-Galvanometer *Sp G* ist mit dem Shunt *Sh* durch einen freischwebenden Guttaperchadraht verbunden, so dass sich eine Erschütterung des Tisches nicht so leicht auf das Spiegel-Galvanometer überträgt. *C* ist der Condensator von $^1/_2$ Mikrofarad Ladungs-

Digitized by Google

capacität. *Rh* sind drei Rheostaten von 500, 10.000, resp. 100.000 S.-E. Widerstand. Die Zweige der Brücke sind im Kasten *Bz* enthalten. Auf dem Tische befinden sich ferner: ein Batteriewähler *Bw*, ein Batterie-Polwechsel *Bp W*, eine Taste *T*, ein Sabine'scher Entlader *Sb E*, sowie verschiedene Umschalter, welche mit den Buchstaben *A*, *B*, *C*, *D*, *E*, *F* und *J* bezeichnet sind. Die Messungen werden in analoger Weise ausgeführt, wie sie auf S. 96 bis 113 bei der Fabrikation der Kabel angegeben sind. Die jedesmalige Schaltungsweise ist bei den verschiedenen Messungen weiter unten durch Angabe der Stöpselung ersichtlich gemacht. Die nähere Beschreibung der zu den Messungen gebrauchten Instrumente findet man im Band VIII der Bibliothek. Der folgende Abschnitt bietet eine

Anweisung für die Ausführung und Berechnung der periodischen Messungen der Kabel-Leitungen. *)

Die Ergebnisse der Messungen werden dem Beispiel auf S. 186 des Anhanges entsprechend verzeichnet und berechnet.

Die zu den Messungen dienende Batterie von 100 Elementen muss besonders sorgfältig unterhalten werden. Die Elemente müssen gut isolirt aufgestellt und die Zuleitungen zu den Umschaltern und Mess-Instrumenten mit der grössten Sorgfalt isolirt sein.

Die Benutzung der Batterie zu anderen Zwecken ist nicht rathsam, während der Messungen selbst aber ist jede Abzweigung aus derselben durchaus unzulässig.

---

*) Nach der Vorschrift für die Telegraphen-Aemter des Deutschen Reiches.

Digitized by Google

Während der Messungen sind sämmtliche Adern des Kabels von den Apparaten zu trennen; es ist unmöglich, eine sichere Messung auszuführen, während auf einer anderen Ader des Kabels telegraphirt wird.

Als Erdleitung ist stets die Kabelerde, eine besonders hergestellte Erdverbindung (s. d. S. 161), welche mit den anderweitigen Erdleitungen des Amtes nicht in Verbindung stehen darf, zu benutzen. Mit $Zw = 1/S$, bez. $1/s$ ist in dem Beispiel der am Spiegel-Instrument benutzte Zweigwiderstand (Shunt) bezeichnet, S beziehentlich s haben die Werthe: 9, 99 oder 999, oder auch 0, wenn nämlich kein Zweigwiderstand benutzt wird.

Im Beobachtungszimmer, nahe der Messbrücke ist ein gutes Thermometer mit 100theiliger Scala aufgehängt. Die Angaben desselben sind bei Beginn und nach Schluss der Messungen abzulesen und das Mittel beider Ablesungen als T in das Muster, Spalte 15, einzutragen.

1. Kupfer-Widerstand.

a) Ausführung der Messung. Die Messung des Kupfer-Widerstandes geschieht mittelst der Wheatstone'schen Brücke, welche in Fig. 55 (S. 184—185) abgebildet ist. Es sind zu stöpseln im

Umschalter	A	die	Löcher	1 u. 4 od. 2 u. 3
»	B	das	Loch	1
»	C	»	»	1
»	E	»	»	3
»	F	»	»	3
»	J	»	»	2

Desgleichen ist in den beiden Ausschaltern G und H ein Stöpsel einzusetzen, ebenso zwischen die beiden Schienen

Digitized by Google

der Taste *T*. Da die meisten Kabel 3, 4, bez. 7 Adern haben, so lässt sich der Kupfer-Widerstand der einzelnen Adern ohne Einschaltung der Erde bestimmen. Die Kupferadern werden also stets in Schleifen gemessen. Als Beispiel für die Durchführung der Messungen ist ein siebenaderiges Kabel angenommen.

Sämmtliche sieben Adern werden auf der fernen Station von den Apparaten bez. von Erde getrennt und unter sich verbunden. Auf der messenden Station werden nacheinander die Schleifen $1 + 7$, $2 + 7$ . . . . . bis $6 + 7$, dann $1 + 4$, $2 + 5$ und $3 + 6$ an die Wheatstone'sche Brücke gelegt (während natürlich die bezüglichen änderen Leitungen isolirt bleiben) und die Messung so genau als möglich ausgeführt unter Schätzung der Zehntel Einheiten. Die Ergebnisse dieser 9 Messungen sind als p in die Spalte 11 der Nachweisung einzutragen. *)

Sollten 2 Adern fehlerhaft sein, dann dürfen dieselben nicht miteinander zur Schleife verbunden werden, weil sonst durch die Erde eine Stromübertragung von einer Ader zur anderen stattfinden und ein fehlerhaftes Resultat erzielt werden würde. In solchem Falle müssen die Adern einzeln mit einander zur Schleife verbunden werden und zwar mit einer fehlerfreien Ader. Die Stärke der Batterie ist bei dieser Messung nicht wesentlich; gewöhnlich reichen 10 Elemente, ohne Zweigwiderstand

*) Die Erfahrung hat ergeben, dass die Differenzen zwischen den in der angegebenen Reihenfolge auf einander folgenden Messungen bei allen Temperaturen stets nahe dieselben bleiben. Die Beachtung dieser Differenzen bietet daher eine sehr nützliche Controle, durch welche man sich gegen grobe Irrthümer beim Ablesen der gestöpselten Widerstände schützt.

Digitized by Google

am Spiegel-Galvanometer, aus. Ein weniger geübter Beobachter wird zweckmässig erst mit $^1/_9$ Zweigschliessung messen und dann nach Entfernung des Zweigwiderstandes die feinere Adjustirung vornehmen. Das zweckmässigste Verhältniss der Widerstände in den Zweigen der Messbrücke ist:

1000 S.-E. zu 1000 S.-E.

Bevor das Spiegel-Galvanometer durch Niederdrücken der Taste eingeschaltet wird, ist im Rheostaten (in der Mitte der Figur 55) ein ungefähr dem Widerstandswerthe der Schleife entsprechender Widerstand einzuschalten. Vor Aenderung des Widerstandes ist das Galvanometer jedesmal durch Loslassen der Taste auszuschalten. Zur Abkürzung der Nadelschwingungen wird die Taste jedesmal nur so kurze Zeit gedrückt, als zur Ermittelung des Nadelausschlages erforderlich ist.

b) Berechnung. Durch Combination der 1., 4. und 7. Messung, ferner der 2., 5. und 8. und der 3., 6. und 9. Messung ergeben sich 3 Werthe für den Widerstand K_7 der mittelsten Ader; unter Zugrundelegung der in dem Anhange eingetragenen Ergebnisse einer ausgeführten Messung ergiebt sich z. B.

I.

aus $p = K_1 + K_7 = 2887{\cdot}1$
und $p_4 = K_4 + K_7 = 2892{\cdot}1$
zusammen $K_1 + K_4 + K_7 = 5779{\cdot}2$
davon ab $p_7 = K_1 + K_4 = 2911{\cdot}9$
bleibt $2 \times K_7 \quad 2867{\cdot}3$
oder $K_7 = 1433{\cdot}65.$

Digitized by Google

II.

$$\begin{aligned} p_2 &= K_2 + K_7 = 2891{\cdot}3 \\ p_5 &= K_5 + K_7 = 2894{\cdot}9 \\ K_2 + K_5 + 2 \times K_7 &= 5786{\cdot}2 \\ p_8 &= K_2 + K_5 = 2918{\cdot}9 \\ 2 \times K_7 &= 2867{\cdot}3 \\ K_7 &= 1433{\cdot}65 \end{aligned}$$

III.

$$\begin{aligned} p_3 &= K_3 + K_7 = 2893{\cdot}9 \\ p_6 &= K_6 + K_7 = 2891{\cdot}0 \\ K_3 + K_6 + 2 \times K_7 &= 5784{\cdot}9 \\ p_9 &= K_3 + K_6 = 2917{\cdot}5 \\ 2 \times K_7 &= 2867{\cdot}4 \\ K_7 &= 1433{\cdot}7 \end{aligned}$$

Das Mittel aus diesen 3 Werthen ist

$$K_7 = 1433{\cdot}667.$$

Rechnungscontrole:

Die Summe der 6 ersten Messungen p_1 bis $p_6 = 17350{\cdot}3$

vermindert um die

Summe der 3 letzten p_7 bis $p_9 = 8748{\cdot}3$

$= 8602{\cdot}0$

dividirt durch 6 . . . $1433{\cdot}667.$

muss stets genau mit dem eben gefundenen Mittelwerthe K_7 übereinstimmen. Die Subtraction dieses Mittelwerthes K_7 von den Ergebnissen der 6 ersten Messungen liefert die zur Zeit der Beobachtung vorhandenen Widerstände der ersten 6 Adern; dieselben sind in Spalte 13

Digitized by Google

einzutragen. Ihre Summe muss der Summe der 3 letzten Messungen genau gleich sein, was als Rechnungscontrole dient.

c) Berechnung des Reductionsfactors v.*) Hier ist zunächst die Summe der gefundenen Widerstände $K_1 + K_4 + K_7$ zu bilden, z. B.

$$\begin{aligned} K_1 &= 1453{\cdot}43 \\ K_4 &= 1458{\cdot}43 \\ K_7 &= 1433{\cdot}67 \\ K_1 + K_4 + K_7 &= 4345{\cdot}53 \end{aligned}$$

Rechnungscontrole:

$$\begin{aligned} p_1 = K_1 + K_7 &= 2887{\cdot}1 \\ K_1 &= 1458{\cdot}43 \\ &\overline{\quad\quad 4345{\cdot}53} \end{aligned}$$

Der Quotient: 4500 dividirt durch diese Summe, im vorliegenden Falle also $\frac{4500}{4345{\cdot}53}$, ist der gesuchte Factor v.

Zur Berechnung desselben sind siebenstellige Logarithmen anzuwenden; es wird nur sein Logarithmus gebraucht, die Zahl aufzuschlagen ist überflüssig.

Die Multiplication der Werthe K_1 bis K_7 (Spalte 13) mit diesem Factor ergiebt endlich die auf die Normal-Temperatur reducirten Widerstandswerthe K_1 bis K_7 der 7 Adern; dieselben sind in Spalte 14 einzutragen.

*) Zur Ermittelung des Reductionsfactors v ist, sofern nicht bei einer oder der anderen Ader erhebliche Abweichungen zu Tage treten, die Summe der Widerstände sämmtlicher Adern derart zu Grunde zu legen, dass die Summe der Normalwiderstände der einzelnen Adern durch die mittelst Messung ermittelte Summe der Widerstände der einzelnen Adern dividirt wird.

Digitized by Google

Rechnungscontrole für diese Multiplication und zugleich für die Berechnung des Factors v: Die Summe der 3 letzten Messungen $p_7 + p_8 + p_9$, in dem angenommenen Beispiele also 8748·3, multiplicirt mit dem Factor v, also

$$\frac{4500}{4345{\cdot}53} = 9059{\cdot}27$$

muss gleich sein der Summe

$$K_1 + K_2 + K_3 + K_4 + K_5 + K_6;$$

diese Summe beträgt nach dem in dem Anhange angegebenen Falle in der That 9059·27.

Ausserdem muss $K_1 + K_4 + K_7 = 4500$ sein.

In der That ist nach dem Beispiel

$$K_1 = 1505{\cdot}10$$
$$K_4 = 1510{\cdot}27$$
$$K_7 = 1484{\cdot}63$$
$$\text{Summa} \quad . \quad 4500{\cdot}00$$

Die hier sich ergebende absolute Uebereinstimmung ist zufällig; kleine Abweichungen werden in der Regel vorkommen, doch dürfen dieselben bei richtiger Rechnung nicht mehr als höchstens zwei Einheiten der letzten Decimalstelle in einer oder der andern Richtung betragen. Bei der Wichtigkeit der Messung des Kupfer-Widerstandes für Ermittelung der Temperatur und für Bestimmung des Reductionsfactors für die Guttapercha γ, ist es nöthig, diese Messungen mit der grösstmöglichen Genauigkeit anzustellen und die Berechnung mit siebenstelligen Logarithmen in aller Schärfe durchzuführen. Die angedeuteten Rechnungscontrolen, welche überdies wenig Mühe bereiten, sind deshalb nicht ausser Acht zu lassen.

Digitized by Google

Zu dem jeweiligen Werthe von $\log v$ ist dann in der zweiten Abtheilung der Tabelle, welche auch die Logarithmen der Reductionsfactoren enthält, durch eine leichte Interpolation die zugehörige Temperatur zu suchen und endlich dieser Temperatur entsprechend aus der ersten Abtheilung der Tabelle der Reductionsfactor für die Guttapercha γ, oder besser sogleich der Werth von $\log \gamma$ zu entnehmen, welcher für die Reduction des gemessenen Isolations-Widerstandes gebraucht wird.

2. Isolations-Widerstand.

a) Ausführung der Messungen. Alle 7 Adern des Kabels werden in dem fernen Amte einzeln isolirt und in dem messenden Amte zunächst, zur vollständigen Entladung, während 5—10 Minuten an Erde gelegt. In der Zwischenzeit wird die sogenannte Constante bestimmt, d. h. es wird die bei der Messung zu benutzende Batterie durch einen constanten Widerstand von 100.000 S.-E. und das mit passendem Zweigwiderstand $\frac{1}{S}$ (gewöhnlich $^1/_{999}$) versehene Spiegel-Galvanometer geschlossen und nach Ablauf einer Minute die Ablenkung A abgelesen und letztere vermerkt.

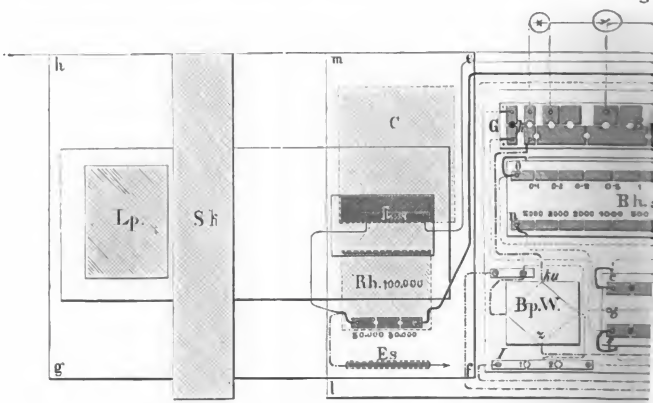
Zur Ausführung der Constanten-Bestimmung sind folgende Stöpselungen vorzunehmen: Es sind zu stöpseln im

Umschalter A die Löcher 1 und 4 oder 2 und 3,
» B das Loch 2,
» C die Löcher 4 und 6,
» J das Loch 1.

Digitized by Google

Sodann wird Ader 1 von Erde getrennt und durch das mit Zweigwiderstand $\frac{1}{s}$ (jetzt $^1/_9$ oder $^1/_{99}$) versehene Spiegel-Galvanometer an den Kupferpol der Batterie gelegt, während der andere Pol derselben Batterie bleibend mit Erde verbunden ist. Stöpselstellung:

Fig.



Umschalter A Loch 1 und 4 oder 2 und 3,

» B » 4,

» C » 4 und 6,

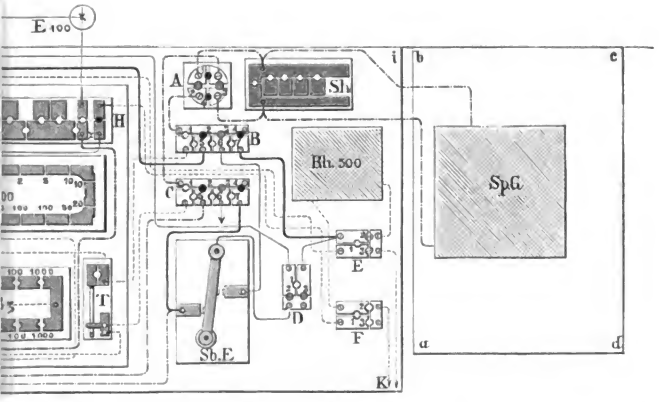
» E » 2,

» J » 1.

Da der in das Kabel tretende Strom im ersten Augenblick sehr stark ist, dann aber, erst rasch, dann langsamer abnehmend, einem constanten Werthe sich nähert, so ist

Digitized by Google

das Galvanometer, um die Nadel nicht in zu heftige Schwankungen zu versetzen, während der ersten Periode durch einen Ausschalter auszuschalten. Erst $^1/_2$ Minute nach Herstellung der Verbindung mit der Batterie wird durch Herausnehmen des Stöpsels aus dem Ausschalter das Galvanometer eingeschaltet und nach Ablauf einer



weitern halben Minute, also eine Minute nach Schluss der Batterie, die Ablenkung abgelesen; sie sei *a*.

Alsdann wird Ader 1 wieder an Erde gelegt und Ader 2 in derselben Weise gemessen: dergestalt, dass stets alle Leitungen mit Ausnahme derjenigen, welche gerade gemessen wird, an Erde liegen. Nach Messung der Ader 7 ist die Constanten-Bestimmung zu wiederholen.

Zu den Messungen ist eine Batteriestärke von 100 Elementen zu verwenden. Bei den Messungen ist

Digitized by Google

der Kupferpol an Leitung und der Zinkpol an Erde zu legen.

b) Berechnung. Die Berechnung des Isolations-Widerstandes G für das ganze Kabel von der Länge L geschieht nach der Formel:

$$G = \frac{S+1}{s+1} \cdot \frac{A}{a} \cdot 100.000 \text{ S.-E.}$$

Die gefundenen Zahlen sind in Spalte 4 einzutragen, wie dies für einen bestimmten Fall in der Tabelle ausgeführt ist. Durch Multiplication dieser Zahlen mit der Kabellänge L ergeben sich die Zahlen der Spalte 5, und diese, mit dem aus den Messungen des Kupfer-Widerstandes in der vorhin angedeuteten Weise hergeleiteten Factor γ multiplicirt, liefern endlich den Isolations-Widerstand pro Kilometer auf die Normaltemperatur reducirt, d. i. die Zahlen der Spalte 6. Letztere entsprechen also der Formel:

$$\frac{1}{10} \cdot \frac{S+1}{s+1} \cdot \frac{A}{a} \cdot L \cdot \gamma \text{ Millionen S.-E.}$$

3. Ladung.

a) Ausführung der Messung. Die Kabel-Adern sind in dem fernen Amte einzeln isolirt und werden bei dem messenden Amte zu ihrer vollständigen Entladung zunächst während 5—10 Minuten an Erde gelegt. Darauf wird die eine Belegung des Condensators mit dem Kupferpol einer Batterie von 10 Elementen verbunden, während der Zinkpol der Batterie und die andere Belegung des Condensators bleibend an Erde liegen. Stöpselstellung:

Digitized by Google

Umschalter A Loch 1 und 4 beziehungsweise 2 und 3,
» B » 3,
» C » 3 und 6,
» D » 2,
» J » 1.

Nach einer Minute Ladung wird durch Niederdrücken beider Tasten des Sabine'schen Entladungsschlüssels die Verbindung mit der Batterie aufgehoben und die Entladung durch das mit passender Zweigleitung $\frac{1}{S}$ (meist $^1/_{999}$) versehene Spiegel-Galvanometer bewirkt. Der dabei erfolgende erste Ausschlag C wird abgelesen. Darauf wird statt des Condensators die betreffende Ader in derselben Weise an die Batterie gelegt. Stöpselstellung:
Umschalter A Loch 1 und 4, beziehungsweise 2 und 3,
» B » 3,
» C » 3 und 6,
» D » 3,
» E » 2,
» J » 1.

Nach Ablauf einer Minute entladen und wiederum der erste Ausschlag 3 abgelesen. Die jetzt beim Spiegel-Instrument benutzte Zweigschliessung sei $\frac{1}{s}$.

b) Berechnung. Die Berechnung geschieht nach der Formel:

$$\frac{s+1}{S+1} \cdot \frac{c}{C} m,$$

wo m die benutzte Capacität des Condensators — in dem Falle der Tabelle $^1/_2$ Mikrofarad — bezeichnet. Die Er-

Digitized by Google

gebnisse dieser Rechnung sind in Spalte 9 eingetragen. Da die Leitungen 1—6 stets sehr nahe gleiche Werthe ergeben, so werden sie nicht alle, sondern jedesmal nur zwei derselben, nämlich immer die Ader 1 und je eine der andern 5 abwechselnd, und ausserdem jedesmal die Ader 7 gemessen.*)

Beseitigung von Betriebsstörungen auf versenkten Leitungen.

Bestimmung des Fehlerortes durch Messungen.

1. Verfahren bei der Verletzung der Guttaperchahülle einer Ader, ohne Verletzung der Kupferlitze.

Neben der fehlerhaften Ader a_0 sind mehrere fehlerfreie Adern a_1 a_2 und a_2 vorhanden.

Es wird zunächst der Kupfer-Widerstand der fehlerhaften Ader a_0 und zweier fehlerfreien Adern a_1 und a_2 bei der zur Zeit obwaltenden Temperatur des Kabels ermittelt.

Die 3 Adern a_0 a_1 a_2 mit den Widerständen K_0 K_1 K_2 werden von Erde isolirt und miteinander verbunden. a_0 a_1 werden in A wie gewöhnlich an die Brücke gelegt, der zweite Pol der Batterie wird jedoch von Erde getrennt und an den Eckpunkt G (Fig. 56) der Brücke gelegt.

Alsdann wird der Kupfer-Widerstand von

$a_0 + a_1$ gemessen
$a_0 + a_2$
$a_1 + a_2$

*) Das Verfahren für die Messungen eines vieraderigen Kabels ergiebt sich aus dem Vorstehenden von selbst.

Digitized by Google

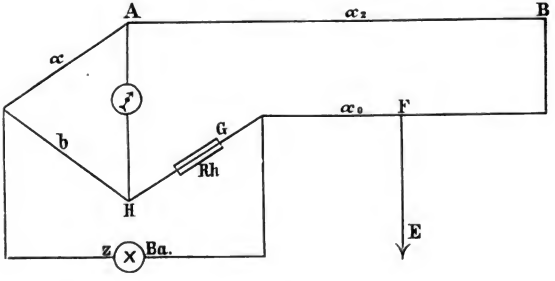
man erhält dann

$$\text{Schleife } p_1 = K_0 + K_1 \quad . \quad . \quad . \quad 1.$$
$$\text{» } p_1 = K_0 + K_2 \quad . \quad . \quad . \quad 2.$$
$$\text{» } p_3 = K_1 + K_2 \quad . \quad . \quad . \quad 3.$$

Daraus ergiebt sich

$$\left.\begin{aligned} K_1 &= \frac{p_1 + p_3 - p_2}{2} \\ K_2 &= \frac{p_2 + p_3 - p_1}{2} \\ K_0 &= \frac{p_1 + p_2 - p_3}{2} \end{aligned}\right\} \quad . \quad . \quad 4.$$

Fig. 56.



Hierbei sind die Brückenarme a und b gleich zu wählen und zwar giebt man ihnen diejenigen der verfügbaren Werthe, welche dem Widerstandswerthe der ganzen Schleife p am nächsten kommen, also

$$a = b = 1000 \text{ S.-E.}$$

bei langen Schleifen von mehr als 500 S.-E.

$$a = b = 100 \text{ S.-E.}$$

bei Schleifen bis 500 S.-E.

Digitized by Google

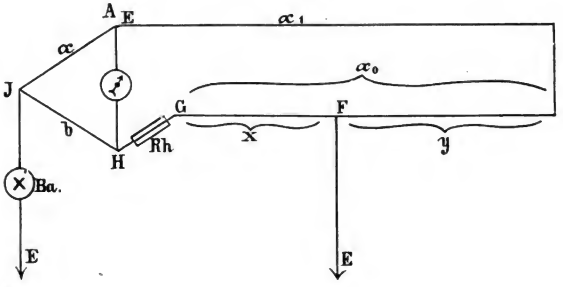
Alsdann wird die Schleife $\alpha_0 + \alpha_1$ nach untenstehender Skizze (Fig. 57) an die Brücke gelegt und die Messung in der Erdfehlerschleife (Loop-test) ausgeführt.

Der Pol der Batterie wird direct an Erde gelegt. Der Eckpunkt G ist dadurch nach F verlegt, der Erdfehler liegt im Batteriezweige, F ist nun der Scheitelpunkt der Schleife

$$\alpha_1 + B\,F \text{ ist eine Seite} = K_1 + y$$
$$H\,G + G\,F \text{ ist die andere Seite} = r + x.$$

Es wird r so regulirt, dass das Spiegel-Instrument auf 0 bleibt. Dann ist

Fig. 57.



$$\frac{a}{b} = \frac{K_1 + y}{x + r}$$
$$x + y = K_0, \text{ also } y = K_0 - x$$
$$\frac{a}{b} = \frac{K_0 + K_1 - x}{x + r}$$

hieraus

$$x = \frac{b\,(K_0 + K_1) - a\,r}{a + b} \quad \ldots \quad 5.$$

Digitized by Google

$K_0 + K_1$ ist aus der Messung bekannt $= p$, also

$$x = \frac{b\,p_1 - a\,r}{a + b} \quad \ldots \quad 6.$$

Dies ist der Widerstandswerth der Kabelstrecke von Messamt A bis zur Fehlerstelle bei der Temperatur, welche das Kabel augenblicklich besitzt. Zur Bestimmung der Länge l dieser Strecke dient die Proportion

$$1 : L = x : K_0 \quad \frac{l}{L} = \frac{x}{K_0}.$$

L ist die ganze Länge von A bis B des Kabels, also

$$l = L\,\frac{x}{K_0} \quad \ldots \quad 7.$$

oder wenn man die Werthe aus 4 und 6 einsetzt

$$l = 2\,L\,\frac{b\,p_1 - a\,r}{(a + b)(p_1 + p_2 - p_3)} \quad \ldots \quad 8.$$

Ist der Widerstandswerth des Fehlers klein, so gebe man den Seiten a und b gleiche Widerstände, welche $p_1 + x$ am nächsten kommen; ist er gross, so mache man beide $= 1000$ oder $a = 100$ und $b = 1000$, die Messung ist dann viel unsicherer, weil der circulirende Strom zu schwach ist, daher sind bis 1000 Elemente anzuwenden (sonst nur 10); man nehme auch aus mehreren Messungen das Mittel.

x wird meist etwas zu gross gefunden, weil der durch die normale Leitungsfähigkeit der Guttapercha herbeigeführte Stromverlust auf dem kurzen Zweige x der Schleife geringer ist, als auf dem längeren $a_1 + y$.

Kann man von beiden Enden aus messen, so wird $x + y$ grösser sein aus obigem Grunde als K_0, von A bis F ist

$$w = {}^1/_2\,K_0 + \frac{x - y}{2},$$

Digitized by Google

von B bis F ist

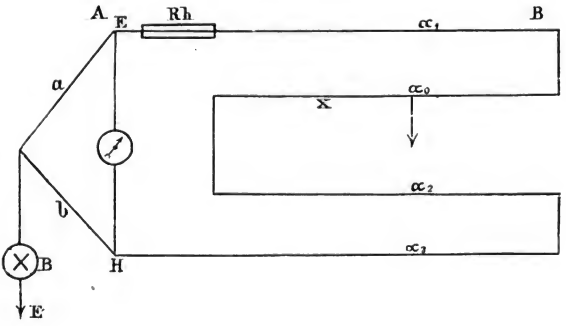
$$= {}^1/_2 K_0 - \frac{x - y}{2}.$$

Kann man nur von einem Ende aus messen, so macht man eine zweite Messung nach folgendem Schema (Fig. 58), wenn $a = b$ gemacht ist.

$$R + K_1 + K_0 - x = x + K_2 + K_3.$$

$$x = \frac{R + K_1 + K_0 - (K_2 + K_3)}{2}.$$

Fig. 58.



Die Werthe von $K_0 + K_1$ und $K_2 + K_3$ sind wie oben besonders festzustellen.

x ergiebt sich nun etwas zu klein, weil die Strecke im längeren Theil der Schleife liegt, man muss daher aus beiden Werthen das Mittel nehmen.

Man kann auch die Erdfehlerschleife nach folgendem Schema (Fig. 59) messen:

Digitized by Google

r^1 und r^2 werden so gestöpselt, dass das Galvanometer keinen Strom zeigt: Dann ist

$$\frac{r}{r_2} = \frac{x}{K_0 + K_1 - x} \quad r_1 : r_2 = x : K_0 + K_1 - x$$

$$x = \frac{r_1}{r_1 + r_2}(K_0 + K_1) \quad . \quad . \quad . \quad 9.$$

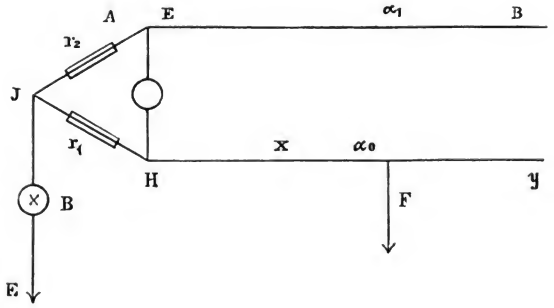
richtet man die Messung so ein, dass

$$r_1 + r_2 = K_0 + K_1$$

wird, so ergiebt sich ohne Rechnung

$$x = r_1.$$

Fig. 59.



Ebenso ist von B aus zu messen.

II. Neben der fehlerhaften Ader (α_0) ist nur eine fehlerfreie Ader α verfügbar.

In diesem Fall kann man in der unter I angegebenen Art zwar den Werth von $K_0 + K_1 = p_1$ direct messen, also auch x finden, nicht aber den zur Bestimmung der Entfernung l nöthigen Werth von K_0 unter den obwal-

Digitized by Google

tenden, unbekannten Temperaturverhältnissen der Kabel feststellen.

Das Verhältniss zwischen den Kupfer-Widerständen zweier Adern, etwa

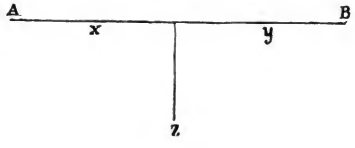
$$\frac{K_1}{K_0} = \gamma$$

muss bei allen Temperaturen dasselbe sein. Der Werth dieses Verhältnisses lässt sich aus den regelmässigen Messungen am fehlerfreien Kabel ermitteln.

Nach Messung 1 ist alsdann

$$p_1 = K_1 + K_0 = K_0 (1 + p)$$

Fig. 60.



$$K_0 = \frac{p}{l + \gamma},$$

setzt man diesen Werth in 7 ein, so ergiebt sich:

$$l = L\ x \frac{(1 + \gamma)}{p} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 10.$$

III. Neben der fehlerhaften Ader α_0 ist keine fehlerfreie Ader vorhanden. Fig. 60.

Von A aus werden 3 Messungen gemacht auf Kupfer-Widerstand: in B isolirt, an Erde, und an Erde durch einen bekannten Widerstand. K_0 K_1 K_2 sind die 3 gefundenen Widerstände, x = Widerstand von A bis

Digitized by Google

zur Fehlerstelle, y = Widerstand von B bis zur Fehlerstelle, z = Nebenschliessungs-Widerstand.

$$K_0 = x + z$$

$$K_1 = x + \frac{y \cdot z}{y + z}$$

$$K_2 = x + \frac{z\,(y + r)}{y + z + r}$$

und hieraus:

$$x = K_0 - \sqrt{\frac{r\,(K_0 - K_1)\,(K_0 - K_2)}{K_2 - K_1}} \quad . \quad 11.$$

von B aus in gleicher Weise y ermittelt und aus x und y das Mittel genommen.

2. Verfahren bei vorhandener Erdableitung an einer Ader mit gleichzeitiger Beschädigung der Kupferlitze.

I. Die Kupferlitze ist nicht ganz durchschnitten, also an sich noch stromfähig

$$l = L \cdot \frac{x\,y}{K_1} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 12.$$

II. Die Kupferlitze ist ganz durchbrochen.

3. Verfahren, wenn eine Zwischenberührung zwischen 2 Adern ohne gleichzeitige Erdableitung stattfindet.

I. Neben den fehlerhaften Adern a_0 und a_3 sind 2 fehlerfreie Adern a_1 und a_2 verfügbar.

Man misst am besten vom Messamte bis zur nächsten hinter dem Fehler belegenen Zwischenstation mit Umschalter.

Zuerst bestimmt man den Kupfer-Widerstand der Adern duch Schleifenmessung (wobei natürlich Schleife a—a_3 ausgeschlossen ist), man hat dann

Digitized by Google

$$\left.\begin{aligned} p_1 &= K_0 + K_1 \\ p_2 &= K_0 + K_2 \\ p_3 &= K_1 + K_2 \\ p_4 &= K_3 + K_1 \\ p_5 &= K_3 + K_2 \end{aligned}\right\} \ldots . \ 13$$

und hieraus

$$\left.\begin{aligned} K_1 &= \frac{p_1 + p_3 - p_2}{2} \\ K_2 &= \frac{p_2 + p_3 - p_1}{2} \\ K_0 &= \frac{p_1 + p_2 - p_3}{2} \\ K_3 &= \frac{p_4 + p_5 - p_3}{2} \end{aligned}\right\} \ldots . \ 14$$

Den Widerstand bis zur Fehlerstelle von x_0—x_3 kann man ermitteln:

a) man legt α_3 in A oder C an Erde (s. Fig. 63), wodurch die Zwischenberührung zu einem Bodenschluss wird, dessen Ort man nach voraufgehender Methode bestimmt.

In C (Fig. 61) verbindet man also α_0 mit α_1 und misst von A diese Adern in der Erdfehlerschleife. Ist der zu x_0 eingeschaltete Widerstand $= r_1$, so hat man wie früher

$$a : b = p_1 - x_0 : x_0 + r_1$$

$$x_0 = \frac{b\,p_1 - a\,r_1}{a + b}$$

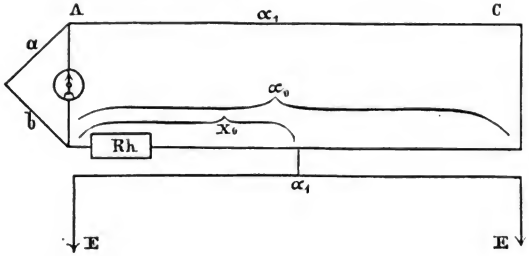
Wiederholt man die Messung mit der Ader α_2 statt α_1, so erhält man für x_0 einen zweiten Werth. Aus beiden Werthen ist das Mittel zu nehmen. Dasselbe, in

Digitized by Google

Formel 7 eingesetzt, giebt die Entfernung des Fehlerortes in Ader α_0

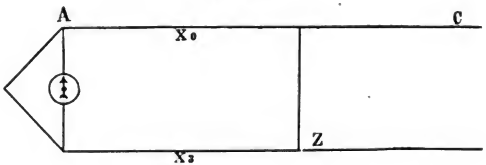
$$l_0 = L \frac{x_0}{K_0}$$

Fig. 61.



Nach Verbindung der Ader α_3 mit α_1 resp. α_2 in C erhält man durch die Erdfehlerschleife auf Ader α_3 und α_1, resp. α_2 zwei Werthe für x_3 bei Benutzung von α_1

Fig. 62.



$$x_3 = \frac{b p_4 - a r_3}{a + b}$$

hiervon den Mittelwerth in Formel 7 eingesetzt, giebt die Entfernung des Fehlers von A in Ader α_3:

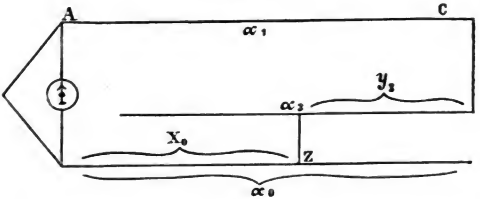
Digitized by Google

$$l_3 = L \frac{x_3}{K_3}$$

l_0 wird meist $= b_3$ sein.

Die gleichen Messungen vom anderen Amte aus dienen zur Controle und Ermittlung genauerer Mittelwerthe.

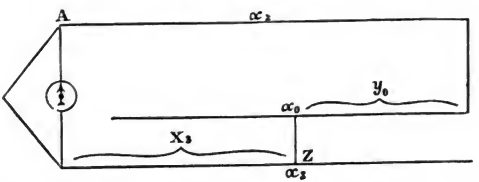
Fig. 63.



b) Die beiden schadhaften Adern werden in C (Fig. 62) isolirt, in A zur Schleife mit der Brücke verbunden, man erhält dann:

$$m_0 = x_0 + x_3 + 7 \ldots 15.$$

Fig. 64.



Man verbindet nun in C (Fig. 63) Ader α_3 mit α_1 und isolirt α_0, in A werden α_0 und α_1 an die Brücke gelegt und α_3 isolirt, dann ist

$$m_1 = x_0 + z + y_3 + K_1 \ldots 16$$

Digitized by Google

Endlich führt man die entsprechende Messung aus nach Fig. 64. In C wird a_2 mit a_0 verbunden, a_3 isolirt und in A a_0 isolirt, so ist:

$$m_3 = x_3 + z + y_0 + K_2 \quad \ldots \; 17$$

Aus diesen drei Messungen ergiebt sich, da

$$K_1 + K_3 = p_4 \text{ und}$$
$$K_2 + K_0 = p_2$$

aus directen Messungen bekannt sind,

$$\left.\begin{aligned} x_0 &= \frac{p_2 + m_0 - m_3}{2} \\ x_3 &= \frac{p_4 + m_0 - m_1}{2} \end{aligned}\right\} \quad \ldots \; 18.$$

II. Neben der fehlerhaften Ader ist nur eine fehlerfreie Ader a_1 verfügbar. Man entnimmt aus den periodisch regelmässigen Messungen

$$\frac{K_1}{K_0} = \gamma_0 \text{ und } \frac{K_1}{K_3} = \gamma_3$$

dann ergeben die möglichen Messungen

$$\left.\begin{aligned} p_1 &= K_0 + K_1 = K_0\,(1 + \gamma_0) \\ p_4 &= K_3 + K_1 = K_3\,(1 + \gamma_3) \\ K_0 &= \frac{p_1}{1 + \gamma_0} \text{ und } K_3 = \frac{p_4}{1 + \gamma_3} \end{aligned}\right\} \quad \ldots \; 19.$$

Die Messungen in der Erdfehlerschleife ergeben

$$x_0 = \frac{b\,p_1 - a\,r_1}{a + b}$$

$$x_3 = \frac{b\,p_4 - a\,r_3}{a + b}$$

Bei Berechnung der Entfernung l sind für K_0 und K_3 die Werthe aus 19 einzusetzen.

Digitized by Google

Es ist dann:

$$l_0 = \frac{L\, x_0}{p_1}\ (1 + \gamma_0)$$

$$l_3 = \frac{L\, x_3}{p_4}\ (1 + \gamma_3)$$

III. Neben den fehlerhaften Adern a_0 und a_3 ist keine fehlerfreie Ader verfügbar.

Man isolirt die schadhaften Adern jenseits des Fehlerortes, legt in A die Adern an die Brücke und misst den Kupfer-Widerstand ohne Benutzung der Erde. So ist

$$m_0 = x_0 + x_3 + z,$$

wobei x_0 und x_3 die Widerstände der beiden Adern bis zur Berührungsstelle und z den Widerstand der Zwischenberührung bezeichnet. Ist z sehr klein und haben die Adern fast gleiche Widerstände, dann ist der Mittelwerth x des Widerstandes bis zur Fehlerstelle zwischen x_0 und x_3 nahezu $= \frac{m_0}{2}$ und da aus den regelmässigen Messungen K_0 und K_3 bekannt sind, so kann man annähernd den Fehlerort berechnen.

In Wirklichkeit ist

$$\frac{1}{2}\ m_0 = x + {}^1/_2\, z.$$

Die Sicherheit der Rechnung wird noch erhöht, wenn man von dem anderen Amte aus auch misst.

IV. Zwei Adern sind miteinander in Berührung unter gleichzeitiger Erdableitung.

Auch hier kann man die unter 3 angegebene Methode verfolgen. Die Messung in der Erdfehlerschleife

Digitized by Google

lässt sich für diesen Fall in der Weise zur Prüfung abändern, indem man die schadhaften Adern an beiden Enden miteinander verbindet und als eine einzige schadhafte Leitung behandelt. Zur Ermittlung, ob die Beschädigung beider Adern α_0 und α_3 an derselben Stelle liegt, isolirt man in B oder C und legt in A die Enden zur Messung in der Erdfehlerschleife an die Brücke, indem man den Rheostaten versuchsweise erst in α_3 und dann in α_0 einschaltet. Ist $r = 0$ so liegen beide Fehler an derselben Stelle des Kabels. Ist jedoch bei α_0 ein merklicher Widerstand r einzuschalten, so liegt der Fehler von α_3 entfernter von A und der Maximal-Abstand beider Fehler von einander ist eine Kabel-Länge vom Widerstand r.

Ist nun Ader α_0 zur Erde abgeleitet, Ader α_3 aber nur durch feuchten Hanf in Verbindung mit α_0 und ist nur ein Bodenschluss bei α_0, so verbindet man obige Messung mit der von Nr. 15 zur Ermittelung von α_0. Sind die Brückenarme $a\,b$ gleich gewählt, so ist:

$$\left.\begin{aligned} m_0 &= x_0 + z_3 + z \\ x_0 + r &= x_3 + z \\ x &= \frac{m_0 - r}{2} \end{aligned}\right\} \quad \ldots . \quad 20.$$

V. Eine Ader ist vollständig unterbrochen und das Ende in der Bruchstelle vollkommen isolirt.

In diesem Falle kann der Fehlerort nur annähernd aus der Ladung bestimmt werden. Da die Ladungscapacität aus den periodischen Messungen pro Kilometer bekannt ist, so kann man aus der Capacität des Kabels bis zur Fehlerstelle den Ort annähernd berechnen.

Digitized by Google

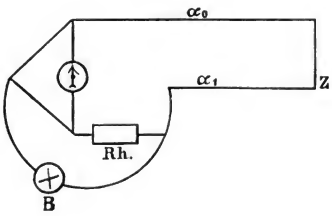
So ungenau diese Methode auch ist, wurde doch in einem Falle auf 2 Km. langem Kabel der Fehlerort bis auf 5 Mtr. Genauigkeit ermittelt.

VI. Das Kabel ist ganz durchhauen, alle Adern sind durchschnitten.

Die Erdboden-Temperatur kann in diesem Falle nicht berücksichtigt werden, folglich ist eine genaue Ermittelung des Ortes nicht möglich.

Nimmt man den Widerstand aller Adern bis zur Fehlerstelle $= x$ an, so erhält man bei Messung von Ader a_0 und a_1 nach dem Schema Fig. 65 den Kupfer-Widerstand der Schleife bis zur Bruchstelle

Fig. 65.



$$n = 2x + z$$

ist z sehr klein, so ist

$$x = {}^1/_2\ n.$$

Jedenfalls ist $\frac{1}{2}\ n$ der Maximalwerth von x. Man wiederholt die Messung öfter mit den anderen Adern und nimmt den kleinsten Werth als richtig an. Zur Controle kann man die gleichen Messungen am anderen Amte wiederholen.

Digitized by Google

Nach einer anderen Methode führt man die Erdfehlerschleife derart aus, dass man als einen Zweig der Schleife eine Ader benutzt, als anderen aber, in welchen man auch den Rheostaten schaltet, die Adern der Reihe nach zu 2, 3, 4, 5 oder b in A verbunden verwendet. Gleiche Brückenarme a und b vorausgesetzt, hat man die Rheostaten-Widerstände r_1 r_2 . . . . . bis r_6 einzuschalten. r_1 wird sehr klein, resp. negativ ausfallen, die anderen Messungen ergeben:

$$x = \frac{x}{2} + r_2 \qquad x = 2\ r_2$$

$$x = \frac{x}{3} + r_3 \qquad x = \frac{3}{2}\ r_3$$

$$x = \frac{x}{4} + r_4 \qquad x = \frac{4}{3}\ r_4$$

$$x = \frac{x}{6} + r_6 \qquad x = \frac{6}{5}\ r_6$$

Diese Messungen werden von der Station B aus wiederholt. Ist zufällig eine Ader isolirt, so kann man nach Nr. 5 den Fehlerort bestimmen. Ebenso verfährt man, wenn alle Adern an gleicher Stelle verletzt, jedoch nicht gebrochen sind. Hinter dem Fehlerorte sind alle Adern auf der nächsten Station zu isoliren. (S. Anweisung zur Feststellung und Berechnung des Ortes von Fehlern in unterirdischen Telegraphen-Leitungen. Berlin, Geheime Ober-Hofbuchdruckerei.)

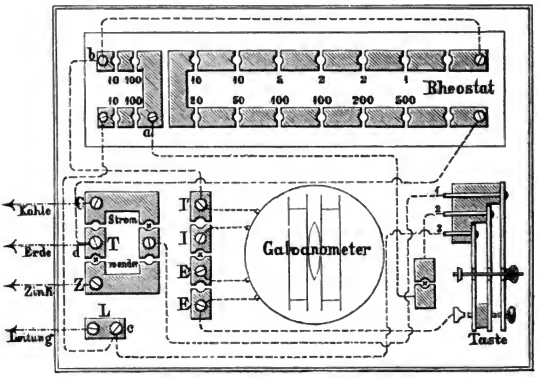
Zu den obigen Messungen dient eine transportable Wheatstone'sche Brücke, wie sie im Grundriss in Fig. 66 abgebildet ist. Der Stromlauf hierzu ist in Fig 67 so klar und übersichtlich gegeben, dass eine nähere Erläuterung nicht nöthig erscheint. Zur Erleichtung des

Digitized by Google

Verständnisses zeigt Fig. 68 das Grundschema der Brücke mit den einzelnen Brückenzweigen. Eine genaue Beschreibung der Mess-Instrumente bringt Bd. VIII dieser Bibliothek.

Soll bei mehreren nebeneinander versenkten See-Kabeln von gleichem Aussehen ein bestimmtes ermittelt werden, z. B. behufs Reparatur, so kann man nach An-

Fig. 66.



gaben des Elektrikers, Herrn F. W. Johnston in Calcutta folgendes Verfahren einschlagen. Alle Kabel werden auf ein Schiff gehoben, so dass sie 3—11 Mtr. ausserhalb des Wassers liegen. Durch die Adern der Kabel wird nun ein Batteriestrom gesandt, während ein Telephon mit nur ca. 2·5 S.-E. Widerstand an die Schutzdrähte an möglichst weit von einander entfernten Stellen (also hier 3—11 Mtr.) angehalten wird. Sobald

Digitized by Google

man an dasjenige Kabel mit dem Telephon kommt, in welchem die Ströme circuliren, erzeugen die wechselnden Inductionsströme beim Oeffnen und Schliessen der Batterie Töne im Telephon. Diese Methode wurde bei einem 6675 Mtr. langen Kabel erprobt. Bei Land-Kabeln lässt sich natürlich auch diese Methode anwenden. Das Archiv für Post und Telegraphie von 1880, welchem wir diese Mittheilung entnehmen, bringt auch noch die Beschreibung eines zweiten Apparates auf Seite 524, dessen Erfinder Herr Dr. Aron in Berlin ist. Dieser Apparat, die sog. Kabelsonde, besteht in einer Drahtspirale, welche um einen mit dünnen, geglühten Eisendrähten umgebenen Holzkern gewickelt ist. Die Drahtrolle sitzt in einem Holzkästchen, das oben zwei Klemmen für die Drahtenden trägt und unten zwei Füsse zum Aufsetzen auf das Kabel hat.

Fig. 67.

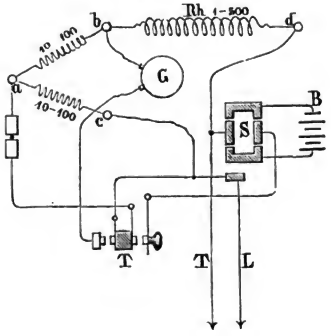
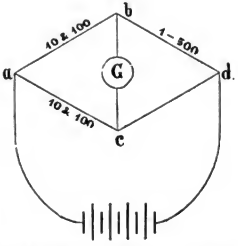


Fig. 68.



Um von zwei Kabeln das schadhafte zu ermitteln, sendet man intermittirende Ströme durch beide, setzt auf jedes eine Kabelsonde und verbindet die Sonden so, dass der

Digitized by Google

in dem Kabel erzeugte, in den Sonden gleichfalls entstehende Inductionsstrom durch zwei Telephone und den Taster derart geht, dass er nur in einer Sonde entstehen kann, die andere aber keinen geschlossenen Stromkreis hat. Dasjenige Kabel, welches den schwächeren Ton zeigt, ist das schadhafte.

Ist die Fehlerstelle durch Messungen eingegrenzt und das richtige Kabel nach obiger Methode ermittelt, so kann man die fehlerhafte Ader in gleicher Weise finden. Will man die genaue Lage des Fehlers schon vor Zerschneiden der Schutzdrähte ausfindig machen, so setzt man zwei Kabelsonden in ähnlicher Combination hintereinander auf das Kabel. Durch Hin- und Herschieben und abwechselndes Einschalten der Sonden lässt sich die Fehlerstelle durch Nähern derselben genau ausmitteln.

In einem anderen Falle hatte der Blitz im Hattinger Tunnel (900 Mtr. lang) zwischen Singen und Donaueschingen eine Kupferader eines vieradrigen Kabels geschmolzen, einen der Schutzdrähte zerbrochen und war an der feuchten Tunnelwand zur Erde gegangen; hier liess sich durch den Augenschein die Stelle leicht finden, nachdem der Fehlerort durch Messung zuvor ermittelt war.

Digitized by Google

Schema zum Kostenanschlag für Telegraphen-Leitungen.

Position	Anzahl	Bezeichnung der auszuführenden Materialien-Lieferungen, Arbeiten u. s. w.	Kostenbetrag im Einzelnen	Kostenbetrag im Ganzen
			Mk.	Mk.
		Titel I: Materialien.		
		Stück kieferne, mit Kupfervitriol zubereitete Stangen, 8·5 Mtr. lang, 15 Cm. am Zopfe stark, frei Waggon Bahnhof zu		
		Stück desgleichen, 7 Mtr. lang, sonst wie vor, zu		
		Stück kieferne Strebehölzer, 4 bis 5 Mtr. lang, am Zopf 12 bis 15 Cm. stark, frei Baustrecke zu		
		Stück Ankerpfähle, 1·25 Mtr. lang, 15 Cm. stark, frei Baustrecke zu		
		Stück Strebenschrauben, 15 Cm. lang, mit vierkantigen Köpfen, frei Magazin Breslau, für 100 St.		
		Stück Ankerhaken, frei Magazin Breslau, für 100 Stück		
		Stück hakenförmige Schraubenstützen, frei Magazin Breslau, für 100 Stück		
		Stück Porzellan-Doppelglocken, frei Magazin Breslau, für 100 Stück		
		Ctr. verzinkten, 4 Mm. starken Eisen-Leitungsdraht, frei Bahnhof Hamm, zu		
		Ctr. desgleichen 2·5 Mm. starken Draht, sonst wie vor, zu . . .		
		Kgr. Eisen-Bindedraht zu 2 Mm. Stärke, frei Waggon Bahnhof Hamm, der Centner zu		
		Fürtrag . .		

Digitized by Google

Position	Anzahl	Bezeichnung der auszuführenden Materialien-Lieferungen, Arbeiten u. s. w.	Kostenbetrag im Einzelnen	Kostenbetrag im Ganzen
			Mk.	Mk.
		Uebertrag . .		
		Stück Isolatorenträger aus hartem Holze, 8 Cm. stark im Quadrat, 75 Cm. lang, mit 2 eisernen Mutterbolzen, 2 Cm. stark, mit Vorlegescheiben und Muttern .		
		Für Materialien, deren Bedarf nicht vorgesehen, für Markirpfählchen, Wickeldraht, für Hilfsmaterialien, wie Löthzinn, Löthwasser, Gips, Cement, Theer etc. (für 10 Km. Gestänge Mk. 15 und für 10 Km. Leitung Mk. 8, auf volle Mark abgerundet)		
		Summa Titel I . .		
		Titel II: Arbeiten.		
		Herstellung des Gestänges und der Drahtleitungen, u. zw.:		
		Km. die Linie abzupfählen und auszuforsten für 10 Km.		
		Stück Stangen aufzustellen zu . .		
		Verstrebungen und Verankerungen herzustellen zu		
		(= 128 + 1) Stück Isolations-Vorrichtungen anzuschrauben zu . .		
		Fürtrag . .		

Digitized by Google

Position	Anzahl	Bezeichnung der auszuführenden Materialien-Lieferungen, Arbeiten u. s. w.	Kostenbetrag im Einzelnen	Kostenbetrag im Ganzen
			Mk.	Mk.
		Uebertrag . .		
		Stück Isolatorenträger . . . . . an dem Posthause zu befestigen		
		Km. Leitung aus 4, beziehungsweise 2·5 Mm. starkem Draht zu fertigen, zu Mk. 55 für 10 Km.		
		Stück Stangen, welche in . . . . . aufzustellen sind, sauber zu behobeln, zu		
		Stück Stangen, dieselben dreimal mit holzbrauner Oelfarbe anzustreichen, einschliesslich Hergabe der Farbe zu		
		Summe Titel II . .		
		Titel III: Transporte.		
		Km.-Ctr. auf der Eisenbahn in Wagenladungen zu transportiren mit Einschluss des Rollgeldes zu		
		Km.-Ctr. auf der Eisenbahn in Normalfracht zu transportiren, mit Einschluss des Rollgeldes zu . .		
		Km.-Ctr. auf dem Landwege zu transportiren zu		
		Entnahme der Baumaterialien aus den Materialienlagern und Vertheilen derselben auf der Baustrecke (für 10 Km. Gestänge Mk. 50, für 10 Km. Leitung Mk. 4)		
		Fürtrag . .		

Digitized by Google

Position	Anzahl	Bezeichnung der auszuführenden Materialien-Lieferungen, Arbeiten etc.	Kostenbetrag im Einzelnen	Kostenbetrag im Ganzen
			Mk.	Mk.
		Uebertrag . .		
		Für nicht vorgesehene Transporte, für den Transport des Binde- und Wickeldrahtes vom Lieferorte bis zur Baustrecke und für die Sammlung der Restmaterialien und Packkisten (für 10 Km. Gestänge M. 10, und für 10 Km. Leitung Mk. 4, auf volle Mark abgerundet)		
		Summa Titel III . .		
		Titel IV: Leitung und Aufsicht.		
		5 Tage auf 8·9 Km. Gestänge, zu 6 Tagen für 10 Km. Gestänge		
		3 Tage auf 8·9 Km. Leitung, zu 3 Tagen für 10 Km. . .		
		1 Tag auf die Einrichtung der Betriebsstelle in N. . . .		
		2 Tage auf die Reise zur Baustrecke und die Rückreise		
		zusammen		
		Tage eines Beamten (Ober-Telegraphen-Assistenten) zur Anfertigung der Vorarbeiten, Leitung der Bau-Ausführung u. s. w. an Fuhrkosten und Tagegeldern für den Tag Mk. 12		
		Summe Titel IV . .		

Digitized by Google

Position	Anzahl	Bezeichnung der auszuführenden Materialien-Lieferungen, Arbeiten etc.	Kostenbetrag im Einzelnen	Kostenbetrag im Ganzen
			Mk.	Mk.
		Titel V: Insgemein.		
		Für die Einrichtung des Fernsprech-Amtes in N.		
		Für nicht vorgesehene Arbeiten und Leistungen, Verpacken, Lagern und Bewachen der Materialien, Porto und Botengänge, sowie zur Abrundung der Hauptsumme circa 2 Procent der unter Titel I—IV berechneten Kosten		
		Summe Titel V . .		
		Dazu Summe Tite IIV		
		» » III		
		» » II		
		» » I		
		Gesammtkosten . .		
		Aufgestellt		
		Breslau, . . . 188 .		

Digitized by Google

Uebersicht der Gebrauchsdauer

der im deutschen Reichs-Telegraphengebiete verwendeten Telegraphenstangen vom Jahre 1858 bis Ende 1880.*) .

Imprägnirungs-Art mit	gesetzt Stück	Abgang im Ganzen bis Ende 1879		Abgang im Jahre 1879/80				Ende 1880 in den Linien	
		Stück	Percent	durch Fäulniss Stück	Percent	durch andere Ursachen Stück	Percent	noch vorhanden Stück	Percent
Kupfervitriol	483,324	41,178	8,5	5897	1·2	6415	1·3	429,834	89·0
Zink-Chlorid	139,119	60,714	43,7	8755	6·3	1293	0·9	68,357	49·1
Theer-Oel	186,456	27,663	14,8	3296	1·7	7174	3·8	148,323	79·1
Quecksilber-Sublimat . .	108,099	27,950	25,8	1558	1·4	1020	0·9	77,571	71·9

*) Aus dem Archiv für Post und Telegraphie 1880, S. 720. — Aus diesen Angaben scheint hervorzugehen, dass die Imprägnirung mit Kupfervitriol mindestens gleich gut wie Theer-Oel, wenn nicht besser conservirt. Da ersteres Verfahren auch bei weitem billiger ist, so erklärt sich auch der überwiegende Gebrauch des Boucherie-Verfahrens.

Digitized by Google

Tabelle über Drähte aus bestem Leitungskupfer.

Drahtdicke in Mm.	Querschnitt in Qu.-Mm.	Siemens-Einheiten per Km. bei $+15^0$ C.	Ungefähres Gewicht per Km. in Kg.	Ungef. Länge per 100 Kg. in Metern
10·00	78·539	0·242	698 919	143·078
9·50	70 880	0·268	630·761	158·539
9 00	63·615	0·299	566·220	176·610
8·50	56·745	0·335	504·974	198·030
8 00	50·265	0·378	447·308	223·560
7·50	44·178	0·430	393·140	254·360
7 00	38·484	0·494	342·469	291 997
6·50	33·183	0·572	295·296	338·643
6·00	28·274	0·672	251·610	397 441
5·50	23·758	0·780	211·422	472·997
5·00	19·635	0 967	174·732	572·305
4·50	15·904	1·194	141·520	706·614
4·00	12 566	1·512	111·825	894·254
3 50	9·621	1·974	85·617	1167·99
3·00	7·068	2·687	62·898	1589·87
2·50	4·908	3·869	43·676	2289·58
2·00	3·142	6 046	27·623	3620·17
1·90	2·835	6 699	25·229	3963 69
1·80	2·544	7·465	22·639	4417·15
1·70	2 269	8·370	20·192	4952·46
1·60	2·010	9·448	18 688	5351·27
1 50	1·767	10·748	15·725	6359·30
1·40	1·539	12·340	13·696	7301·40
1·30	1·327	14·311	11·809	8468·11
1·20	1·130	16·806	10·065	9944·31
1·10	0·9503	19·984	8·456	11825·9
1·00	0·7854	24·180	6·989	14308·2
0·95	0·7088	26·793	6·308	15852·9
0·90	0·6362	29·855	5 662	17661·6

Digitized by Google

Tabelle über Drähte aus bestem Leitungskupfer.

Drahtdicke in Mm.	Querschnitt in Qu.-Mm.	Siemens-Einheiten per Km. bei + 15° C.	Ungefähres Gewicht per Km. in Kg.	Ungef. Länge per 100 Kg. in Metern
0·85	0·5675	33·470	5·050	19802·0
0·80	0·5027	37·785	4·473	22356·6
0·75	0·4417	42·995	3·931	25438·8
0·70	0·3848	49·353	3·425	29197·0
0·65	0·3318	57·236	2·953	33863·8
0·60	0·2827	67·177	2·516	39745·6
0·55	0·2376	79·962	2·114	47303·7
0·50	0·1964	96·745	1·747	57241·0
0·45	0·1590	119·434	1·415	70671·4
0·40	0·1257	151·202	1·118	89445·5
0·39	0·1195	158·075	1·063	94073·4
0·38	0·1134	167·445	1·009	99108·0
0·37	0·1075	176·660	0·957	104493·0
0·36	0·1018	186·548	0·906	110375·0
0·35	0·0962	197·412	0·856	116822·0
0·34	0·0908	209·382	0·808	123762·0
0·33	0·0855	222·105	0·761	131406·0
0·32	0·0804	236·196	0·715	139860·0
0·31	0·0755	251·870	0·672	148809·0
0·30	0·0707	268·994	0·629	158982·0
0·29	0·0670	283·437	0·596	167785·0
0·28	0·0615	308·797	0·548	182482·0
0·27	0·0572	331·993	0·509	196463·0
0·26	0·0530	358·321	0·472	211864·0
0·25	0·0491	387·572	0·437	228833·0
0·24	0·0452	420·155	0·402	248756·0
0·23	0·0414	458·695	0·368	271939·0
0·22	0·0380	499·763	0·338	295858·0
0·21	0·0346	548·846	0·308	324675·0
0·20	0·0314	604·809	0·276	362319·0

Digitized by Google

Phosphor-Bronze- und Silicium-Kupferdrähte für Telegraphen-Leitungen.

Die Fabrik L. Weiller erzeugt nach eigenem Verfahren reinen Kupferdraht, dessen Leitungswiderstand noch geringer ist als jener des theoretisch rein bezeichneten Kupfers, welches nebenstehend zum Vergleiche angeführt wird.

Während letzteres bekanntlich 20·57 Ohm Widerstand ergiebt, hat Weiller's reiner Kupferdraht bei 1 Mm. Durchmesser und 0^0 Temperatur einen Widerstand von nur 19·9 Ohm per Kilometer.

Die absolute Festigkeit dieser Silicium- und Phosphor-Bronzedrähte lässt sich in beliebigem Verhältnisse erhöhen, soweit gleichzeitig die Leitungsfähigkeit vermindert sein kann; ebenso ist eine stärkere Leitungsfähigkeit bei verhältnissmässiger Verminderung der Festigkeit zu erzielen.

Der bei den bedeutendsten Telephon-Anlagen Europa's und der Vereinigten Staaten meistangewendete und bewährte Durchmesser von 1 Mm. kann mindestens bei allen derartigen Linien, welche eine Entfernung von 40 Kilometer nicht überschreiten, vorzugsweise empfohlen werden; für noch grössere Entfernungen ist die Wahl stärkerer Querschnitte — 1·2 bis 1·5 Mm. — angezeigt. (Die Construction der Apparate sollte mit dem Leitungsmateriale in Einklang gebracht werden.)

Digitized by Google

Bei sehr ausgedehnten Staats-Telegraphen-Linien beginnt man bereits den als in jeder Hinsicht entsprechend befundenen Durchmesser von 2 Mm. praktisch in Anwendung zu bringen, während für Telegraphen-Leitungen der Eisenbahnen, Feuerwehren etc. (namentlich auch in Städten, schon seit längerer Zeit solche Drähte von 1, $1^1/_4$, $1^1/_2$ Mm. in grossen Quantitäten im Gebrauche sind und vortrefflich functioniren.

Zur Berechnung der Spannweiten dient die Formel

$$a = \sqrt{\frac{8\,f\,.\,T}{p}}$$

in welcher:

$T = {}^1/_4$ der absoluten Festigkeit von 1 Qu.-Mm. Querschnitt;

p = das specifische Gewicht des Drahtes;

i = üblicher Durchhang 0·75 angenommen.

Der Durchhang f würde demnach ausgedrückt durch:

$$f = \frac{a^2\,p}{8\,T}$$

Den für die Dauerhaftigkeit des Leitungsmateriales bedeutungsvollen atmosphärischen Einflüssen, welche in erwähnter Formel nicht berücksichtigt erscheinen, muss dennoch unumgänglich Rechnung getragen werden. — Bei zwei Drähten von verschiedenem Durchmesser, jedoch gleichem Festigkeits-Coëfficienten, wird unter Beobachtung ein und desselben Durchhanges und der gleichen Spannweite die Möglichkeit eines Bruches bestimmt nicht gleichmässig sein; unbestreitbar wird der dünnere Draht dem Angriffe des Windes, der Belastung durch Schnee und Eisbildung, wie jedem Temperaturwechsel, weit besser widerstehen.

Digitized by Google

Des geringen Gewichtes wegen können die Stützpunkte mit viel mehr Drähten bespannt werden, welcher Umstand besondere Beachtung verdient, und auch mitbestimmend für die so ausgedehnte Anwendung der Telephon-Drähte dieser Fabrik ist.

In gleicher Weise erklären sich die wichtigen Vortheile, welche L. Weiller's Patent Silicium-Bronzedraht für die weitverzweigten Telegraphen-Leitungen bietet. Solcher Draht von 2 Mm. Durchmesser hat einen Widerstand von nur 5·32 Ohm bei 0^0, während 5 Mm. starker Eisendraht bekanntlich 5·40 Ohm Leitungs-Widerstand auf 1 Kilometer besitzt.

Bei einer dem vorerwähnten Widerstande entsprechenden Leitungsfähigkeit von 96% beträgt die absolute Festigkeit des Patent-Silicium-Bronzedrahtes 46—50 Kilogramm per Qu.-Mm., wogegen jene des gering leitungsfähigen Eisendrahtes nur 36—40 Kilogramm beträgt.

Das Gewichts-Verhältniss beider Drahtsorten ist = 1 zu 6·4. Eisen- und Stahldraht ist so zu sagen werthlos, sobald er gänzlich ausser Gebrauch kommt, während L. Weiller's Bronzedrähte (insbesondere Silicium-Bronze-Telegraphendraht) immer einen hohen Metallwerth behalten, und zwar circa 2 Francs per Kilogramm, welcher Werth dafür beinahe in allen Ländern gleich und constant ist. Wenn daher solcher, einmal doch ausser Gebrauch gesetzter, alter Draht endlich veräussert werden sollte, ist dieser Preis, welchen auch die Fabrik selbst rückvergütet, überall zu erlangen.

Nach oben angeführter Formel können demnach bei gleichem Durchhange mit Patent-Silicium-Bronzedraht beträchtlich grössere Spannweiten angewendet

Digitized by Google

werden, als bei Eisendraht, oder falls die Leitung an schon bestehenden Säulen fortgeführt werden soll, wird mit gleichem Durchhange als bei Eisendraht, ein bedeutend günstigerer Sicherheits-Coëfficient geboten sein Die Stützpunkte können unzweifelhaft mit 6mal mehr Silicium-Bronzedrähten, als Eisendrähte zulässig sind, belastet werden.

Die Anlage- und Erhaltungskosten werden sich bei Anwendung der Weiller'schen Drähte sehr vermindern, die Leitung wird besser isolirt und der Betrieb nicht leicht Störungen ausgesetzt sein.

Digitized by Google

Fig. 69.

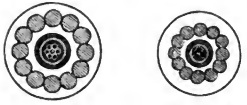
Bleirohr-Kabel.

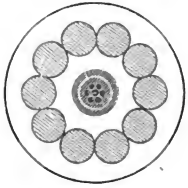
Fig. 70.

Bleirohr-Kabel mit Eisenschutzdrähten.

Fig. 71.

Kabel mit Eisenschutzdrähten.





Digitized by Google

Telegraphen- und Telephon-Leitungs-

in Angoulême

L. Weiller's zugfeste unoxydirbare Drähte im Vergleiche zu reinem Kupfer	Absolute Festigkeit für 1 Qu.-Mm. Querschn.	Absolute Festigkeit der Drahtstärken von Mm.				
		1	$1^1/_4$	$1^1/_2$	2	$2^1/_2$
	Kg.	Kilogramm				
Reines Kupfer	28	21·1	34	48	88	137
Für Telephon:						
Phosphor-Bronze	80	62·4	97·34	140	249	390
Silicium-Bronze	92	71·76	112	161	287	449
Für Telegraphen:						
Silicium-Bronze	50	39	61	88	156	244

Digitized by Google

Material der Fabriken von Lazare Weiller (Frankreich).

Leitungs-Widerstand bei 0 Grad für 1 Km. der Drahtstärken von Mm.					Relative Leitungsfähigkeit bei 0 Grad	Gewicht von 1000 Mtr. der Drahtstärken von Mm.				
1	1¼	1½	2	2½		1	1¼	1½	2	2½
Ohm						Kilogramm				
20·57	13·18	9·13	5·14	3·29	100	6·100	9·560	13·790	24·610	38·410
68·56	43·93	30·43	17·13	10·96	30	6	9·360	13·500	24	37·500
21·42	13·72	9·61	5·32	3·42	96					

Digitized by Google

Tabelle zur Eintragung
für die periodischen Messungen

Datum	Isolations-Widerstand						Ladung		
	Nr. der Ader	Constante 100000 S.E. $Zw\frac{1}{999}1\ S\ El\ 50$ Abl.	Kabel $Zw\frac{5}{9}=\frac{1}{s}El\ 50$ Ablenkung	Berechneter Isolations-Widerstand: für d. ganze Kabel Millionen S.-E.	Berechneter Isolations-Widerstand: per Kilometer obwaltende Temperatur Mill. S.-E.	Berechneter Isolations-Widerstand: bei der Normal-Temperatur Mill. S.-E.	Condensor $\frac{1}{2}$ Mikrofarad $Zw\frac{1}{9}=\frac{1}{s}El10$ Ausschl.	Kabel $Zw\frac{1}{999}=\frac{1}{s}El10$ Ausschlag	Berechn. Capacität Mikrofarad
1881		A	a	$G=\frac{S+1}{s+1}\cdot\frac{A}{a}\cdot 100000$	GL	$GL\gamma$	C	c	$\frac{s+1}{5+s}\cdot\frac{c}{C}\cdot\frac{1}{2}$ Mikr.
11. April	1		$a=399$	10·43	1768·14	516·47		$c=301$	37·62
	2		362	11·30	1914·67	559·28			
	3		320	12·78	2165·97	632·68			
	4		328	12·47	2113·15	630·17			
	5		436	12·17	2062·83	602·55		301	37·62
	6		324	12·47	2113·15	630·17			
	7		149	27·45	4651·76	1358·78		292	36·50
		$A=409$					$C=400$		

Digitized by Google

der Mess-Ergebnisse

unterirdischer Telegraphen-Linien.

Leitungs-Widerstand					**Bemerkungen:**
Ergebnisse der Messungen		Nr. der Ader	Berechneter Widerstand bei der obwaltend. Temperatur S.-E.	Berechneter Widerstand b. der Normal-Temperatur S.-E.	Reductionsfactor für Kupfer $V = \frac{4500}{K_1 + K_4 + K_7}$ dem entsprechende Temperatur t^0 C. Reductionsfactor für die Guttapercha γ.
Kabelschleife	Widerstand				
	p		K	K	Temperatur des Beobachtungszimmers $T = 20^0$ C.
1 + 7	2887·1	1	1453·43	1505·10	$\log v = 0{\cdot}0151694$
2 + 7	2891 3	2	1457 63	1509·45	$\log \gamma = 0{\cdot}4655316 - 1$
3 + 7	2893·9	3	1460·23	1512·14	
4 + 7	2892·1	4	1458·43	1510·27	
5 + 7	2894·9	5	1461·23	1513·17	
6 + 7	2891 0	6	1457·33	1509·14	
1 + 4	17350·3 2911·9	7	1433·67	1484·63	
2 + 5	2918·9 2917·5				
3 + 6	68748·3				

Digitized by Google

Reductions-Tabelle für die verschiedenen Temperaturen.

Temperatur Celsius	Guttapercha		Kupfer	
	Coefficient	Logarithmus	Coefficient	Logarithmus
24·0	3·244	0·51108	0·96565	0·98484 —1
23·5	3·081	0·48869	0·96759	0·98570 —1
23·0	2·884	0·46000	0.96952	0·98655 —1
22·5	2·698	0·43104	0·97147	0·98744 —1
22·0	2·525	0·40226	0·97337	0·98829 —1
21·5	2·363	0·37346	0·97529	0·98914 —1
21·0	2·213	0·34498	0·97720	0·98998 —1
20·5	2·070	0·31597	0·97912	0·99087 —1
20·0	1·939	0·28758	0·98104	0·99167 —1
19·5	1.814	0·25864	0·98295	0·99255 —1
19·0	1·698	0·22994	0·98485	0·99339 —1
18·5	1·589	0·20112	0·98675	0·99423 —1
18·0	1·487	0·17231	0·98865	0·99506 —1
17·5	1·392	0·14364	0·99055	0·99590 —1
17·0	1·302	0·11461	0·99204	0·99669 —1
16·5	1·219	0·08600	0·99432	0·99752 —1
16·0	1·141	0·05729	0·99619	0·99832 —1
15·5	1·068	0·02857	0·99810	0·99917 —1
15·0	1·000	0·00000	1·00000	0·00000
14·5	0·9356	0·97109 —1	1·00190	0·000824
14·0	0·8758	0·94240 —1	1·00381	0·001647
13·5	0·8196	0·91360 —1	1·00568	0·002468
13·0	0·7671	0·88485 —1	1·00756	0·003288
12·5	0·7179	0·85606 —1	1·00945	0·004106
12·0	0·6719	0·82730 —1	1·01135	0·004922

Digitized by Google

Reductions-Tabelle für die verschiedenen Temperaturen.

Temperatur Celsius	Guttapercha		Kupfer	
	Coefficient	Logarithmus	Coefficient	Logarithmus
11·5	0·6290	0·79865 —1	1·01325	0 005738
11·0	0·5888	0·76997 —1	1·01515	0·006551
10·5	0·5511	0·74123 —1	1·01705	0·007363
10·0	0·5160	0·71265 —1	1·01896	0·008174
9·5	0·4828	0 68377 —1	1·02088	0·008983
9·0	0·4518	0·65495 —1	1·02280	0·009790
8·5	0·4228	0·62613 —1	1.02471	0·010596
8·0	0·3957	0·59737 —1	1·02663	0·011401
7·5	0·3704	0·56867 —1	1·02855	0·012246
7·0	0·3467	0·53995 —1	1·03048	0·013048
6·5	0·3245	0·51121 —1	1·03241	0·013848
6·0	0·3037	9·48244 —1	1·03435	0·014688
5·5	0·2843	0·45378 —1	1·03628	0·015485
5·0	0·2661	0·42521 —1	1·03822	0·016281
4·5	0·2492	0·39655 —1	1·04010	0·017075
4·0	0·2330	0·36736 —1	1·04199	0·017867
3·5	0·2182	0·33885 —1	1·04399	0·018700
3·0	0·2040	0·30963 —1	1·04599	0·019531
2·5	0·1911	0·28126 —1	1·04794	0·020319
2·0	0·1788	0·25237 —1	1·04990	0·021147
1·5	0·1674	0·22376 —1	1·05198	0·022015
1·0	0·1567	0·19507 —1	1·05406	0·022881
0·5	0·1467	0·16643 —1	1·05590	0·023628
0·0	0·1374	0·13799 —1	1·05774	0·024362

Digitized by Google

Telegraphen-Kabel von Siemens & Halske.

Erd-Kabel.

Fabriks-Nummer	4120 A	4320 A	4420 A
Eisen-Armatur	12 Drähte	20 Drähte	22 Drähte
Durchmesser der Drähte .	2 Mm.	2 Mm.	2 Mm.
Gewicht per 1 Mtr. . . .	circa 0·425 Kg.	circa 0·765 Kg.	circa 0·865 Kg.
Durchmesser	circa 12·5 Mm.	circa 18 Mm.	circa 20 Mm.

Fabriks-Nummer	4520 A	4725 A	5126 A
Eisen-Armatur	24 Drähte	22 Drähte	12 Drähte
Durchmesser der Drähte .	circa 2 Mm.	2·5 Mm.	2·6 Mm.
Gewicht per 1 Mtr. . . .	circa 0·965 Kg.	circa 1·340 Kg.	circa 0·720 Kg.
Durchmesser	circa 21 Mm.	circa 24 Mm.	circa 15 Mm.

Fabriks-Nummer	5331 A	5431 A	5738 A
Eisen-Armatur	18 Drähte	20 Drähte	18 Drähte
Durchmesser der Drähte .	3·1 Mm.	3·1 Mm.	3·8 Mm.
Gewicht per 1 Mtr. . . .		circa 1·750 Kg.	circa 2·250 Kg.
Durchmesser		circa 27 Mm.	circa 30·5 Mm.

Digitized by Google

Telegraphen-Kabel von Siemens & Halske.

Erd-Kabel.

	I.	II.	III.	IV.
Fabriks-Nummer	5126 A	5331 A	5431 A	5738 A
Eisen-Armatur	12 Drähte	18 Drähte	20 Drähte	18 Drähte
Durchmesser der Drähte .	2·6 Mm.	3·1 Mm.	3·1 Mm.	3·8 Mm.
Gewicht per 1 Mtr. . . .	circa 0·72 Kg.	circa 1·55 Kg.	circa 1·75 Kg.	circa 2·25 Kg.
Durchmesser	circa 15 Mm.	circa 25 Mm.	circa 27 Mm.	circa 30·5 Mm.

Fluss- und See-Kabel.

	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.
Fabriks-Nummer	7154 A	7186 A	7386 A	7486 A	7786 A
Eisen-Armatur .	10 Drähte	10 Drähte	11 Drähte	12 Drähte	13 Drähte
Durchmesser der Drähte . . .	5·4 Mm.	8·6 Mm.	8·6 Mm.	8·6 Mm.	8·6 Mm.
Gewicht pr. 1 M.	circa 2·30 Kg.	circa 5·55 Kg.	circa 6·25 Kg.	circa 6·90 Kg.	circa 7·60 Kg.
Durchmesser .	circa 27·5 Mm.	circa 41 Mm.	circa 44 Mm.	circa 47 Mm.	circa 50 Mm.

Digitized by Google

Blei-Kabel von Siemens & Halske.

Mit Adern Nr. 13 und 17. — Jede dieser Adern im Kabel ist mit getheertem Jutegarn umsponnen.

Kabel mit Adern Nr. 13.

Beschreibung der Ader Nr. 13: 3 Kupferdrähte, je 0·70 Mm. Durchmesser (Kupfer-Widerstand per 1000 Mtr. = 20 S.-E. bei 15 Grad Celsius) und 2 Lagen Guttapercha bis zu 4·25 Mm. Durchmesser (Isolations-Widerstand per 1000 Mtr. = 750 Mill. S.-E. bei 15 Grad Celsius).

Fabriks-Nummer	4103	4303	4403	4503	4703
Durchmesser des Kabels .	ca. 6·50 Mm.	ca. 13·00 Mm.	ca. 15·00 Mm.	ca. 16·50 Mm.	ca. 18·00 Mm.
Gewicht per 1 Mtr. . . .	ca. 0·205 Kg.	ca. 0·475 Kg.	ca. 0·670 Kg.	ca. 0·750 Kg.	ca. 0·825 Kg.
Maximal-Länge ohne Verbindungsstelle	ca. 800 Mtr.	ca. 375 Mtr.	ca. 275 Mtr.	ca. 250 Mtr.	ca. 225 Mtr.

Kabel mit Adern Nr. 17.

Beschreibung der Ader Nr. 17: 7 Kupferdrähte je 0·5 Mm. Durchmesser (Kupfer-Widerstand der 1000 Mtr. = 17·50 S.-E. bei 15 Grad Celsius) und 2 Lagen Guttapercha bis zu 4·25 Mm. Durchmesser (Isolations-Widerstand per 1000 Mtr. = 750 Millionen S.-E. bei 15 Grad Celsius).

Fabriks-Nummer	4107	4307	4407	4507	4707
Durchmesser des Kabels .	ca. 6·50 Mm.	ca. 13·00 Mm.	ca. 15·00 Mm.	ca. 16·50 Mm.	ca. 18·00 Mm.
Gewicht per 1 Mtr. . . .	ca. 0·205 Kg.	ca. 0·475 Kg.	ca. 0·670 Kg.	ca. 0·750 Kg.	ca. 0·825 Kg.
Maximal-Länge ohne Verbindungsstelle	ca. 800 Mtr.	ca. 375 Mtr.	ca. 275 Mtr.	ca. 250 Mtr.	ca. 225 Mtr.

Digitized by Google

Blei-Kabel von Siemens & Halske.

Adern Nr. 104 und 150. — Jede dieser Adern im Kabel ist mit getheertem Jutegarn umsponnen.

Kabel mit Adern Nr. 104.

Beschreibung der Ader Nr. 104: Ein Kupferdraht von 1·00 Mm. Durchmesser (Kupfer-Widerstand per 1000 Mtr. = 30 S.-E. bei 15 Grad Celsius) und eine Lage Guttapercha von 2·5 Mm. Durchmesser (Isolations-Widerstand per 1000 Mtr. = 300 Millionen S.-E. bei 15 Grad Celsius).

Fabriks-Nummer	2100	2300	2400	2500	2700
Durchmesser des Kabels .	circa 5·75 Mm.	circa 9·25 Mm.	ca. 10·50 Mm.	ca. 11·50 Mm.	ca. 12·50 Mm.
Gewicht per 1 Mtr. . . .	circa 0·165 Kg.	circa 0·300 Kg.	ca. 0·420 Kg.	ca. 0·470 Kg.	ca. 0·540 Kg.
Maximal-Länge ohne Verbindungsstelle	circa 1000 Mtr.	circa 500 Mtr.	ca. 350 Mtr.	ca. 325 Mtr.	ca. 300 Mtr.

Kabel mit Adern Nr. 150.

Beschreibung der Ader Nr. 150: Ein Kupferdraht von 1·50 Mm. Durchmesser (Kupfer-Widerstand per 1000 Mtr. = 13 S.-E. bei 15 Grad Celsius) und eine Lage Guttapercha von 4·25 Mm. Durchmesser (Isolations-Widerstand per 1000 Mtr. = 500 Millionen S.-E. bei 15 Grad Celsius).

Fabriks-Nummer	4100	4300	4400	4500	4700
Durchmesser des Kabels .	ca. 6·50 Mm.	ca. 13·00 Mm.	ca. 15·00 Mm.	ca. 16·50 Mm.	ca. 18 Mm.
Gewicht per 1 Mtr.	ca. 0.205 Kg.	ca. 0·475 Kg.	ca. 0·670 Kg.	ca. 0·750 Kg.	ca. 0·825 Kg.
Maximal-Länge ohne Verbindungsstelle	ca. 800 Mtr.	ca. 375 Mtr.	ca. 275 Mtr.	ca. 250 Mtr.	ca. 225 Mtr.

Digitized by Google

Die vorstehenden Tabellen über die verschiedenen Kabel dürften bei der Auswahl von solchen für die verschiedenen Zwecke von Nutzen sein, die Fabrik der Herren Felten & Guilleaume in Mühlheim a. Rh. liefert ganz analoge Stärken.

Da es bei der Kostspieligkeit der Holzschnitte nicht möglich war, alle in den Tabellen aufgeführten Constructionen auch im Querschnitt abzubilden, so sind von den verschiedenen Typen nur einige als Beispiel ausgewählt worden.

Fig. 69 giebt die Querschnitte von Bleirohr-Kabeln, wie sie auf Seite 226 und 229 des Anhanges beschrieben sind. In Fig. 70 ist eine neue Art solcher Kabel im Querschnitt abgebildet. Diese Kabel werden mit Leitung Nr. 10, 15 und 20 von verschiedener Isolirung und mit verschiedenen Schutzlagen, mit und ohne Eisendraht hergestellt, sie sind der Firma Siemens & Halske patentirt. Die Isolation beträgt bei 15° C. per 1000 Mtr. 1000 Millionen Siemens-Einheiten, die Ladungsfähigkeit 0·16 bis 0·26 Mikrofarad.

Fig. 71 giebt einige Querschnitte von Erd- und Fluss-, resp. Seekabeln, wie sie in diesem Bande mehrfach besprochen worden sind (s. S. 28 und 95).

Digitized by Google

Schluss.

Ursprünglich lag es im Plane, in diesem hiermit abgeschlossenen Bande der Elektrotechnischen Bibliothek auch »die Unterhaltung und Reparatur der Leitungen« abzuhandeln. Der Stoff wuchs jedoch während der Arbeit in solchem Masse, dass nur im Anhange einige Anleitungen zur Ermittelung von Fehlern in versenkten Leitungen gegeben werden konnten. Ein späterer Band wird diesen Theil des Leitungsbaues in voller Ausführlichkeit bringen.

Aus dem so reichen Material im Gebiete der Anlage von elektrischen Leitungen war es oft schwer, nur das Nothwendigste, das Beste und das Neueste auszuscheiden, nur dieses sollte gebracht, nur wirklich praktisch erprobte Constructionen beschrieben werden.

Mehrfach auch wurden Stimmen laut, dass im literarischen Gebiet der Elektrotechnik schon eine Ueberproduction stattfände; um so mehr musste Verfasser bemüht sein, das zu bringen, was in anderen Werken nicht, oder in Reglements und Instructionen der verschiedensten Behörden nur zerstreut zu finden ist.

So hoffe ich ein Compendium geschaffen zu haben, das zum Theil wenigstens Neues, nicht allgemein Bekanntes, und dem Fachmann eine willkommene Hilfe in der Praxis bietet.

Digitized by Google

A. Hartleben's Elektro-technische Bibliothek.

In reich illustr. Bänden, geh. à 1 fl. 65 kr. ö. W. = 3 Mark = 4 Fr. = 1 R. 80 Kop.
elegant gebunden à 2 fl. 20 kr. ö. W. = 4 Mark = 5 Fr. 35 Cts. = 2 R. 40 Kop.

I. Band. Die magnetelektrischen und dynamoelektrischen Maschinen und die sogenannten Secundär-Batterien, mit besonderer Rücksicht auf ihre Construction. 3. Aufl. Von Gustav Glaser-De Cew.

II. Band. Die elektrische Kraftübertragung und ihre Anwendung in der Praxis, mit besonderer Rücksicht auf die Fortleitung und Vertheilung des elektrischen Stromes. 2. Aufl. Von Eduard Japing.

III. Band. Das elektrische Licht. 2. Aufl. Von Dr. A. v. Urbanitzky.

IV. Band. Die galvanischen Batterien, Accumulatoren und Thermosäulen, mit besonderer Rücksicht auf die Bedürfnisse der Praxis. 2. Aufl. Von W. Ph. Hauck.

V. Band. Die Telegraphie, mit besonderer Rücksicht auf die Bedürfnisse der Praxis. Von J. Sack.

VI. Band. Telephon, Mikrophon und Radiophon, mit besonderer Rücksicht auf ihre Anwendung in der Praxis. Von Theodor Schwartze.

VII. Band. Die Elektrolyse, Galvanoplastik und Reinmetall-Gewinnung, mit besonderer Rücksicht auf die Bedürfnisse der Praxis. VonEduard Japing.

VIII. Band. Die elektrischen Mess- und Präcisions-Instrumente, sowie die Instrumente zum Studium der elektrostatischen Elektricität, mit besonderer Rücksicht auf ihre Construction. Ein Leitfaden der elektrischen Messkunde. Von A. Wilke.

IX. Band. Die Grundlehren der Elektricität, mit besonderer Rücksicht auf ihre Anwendungen in der Praxis. Von W. Ph. Hauck.

X. Band. Elektrisches Formelbuch mit einem Anhange, enthaltend die elektrische Terminologie in deutscher, französischer und englischer Sprache. Von Prof. Dr. P. Zech.

XI. Band. Die elektrischen Beleuchtungs-Anlagen, mit besonderer Berücksichtigung ihrer praktischen Ausführung. Von Dr. A. v. Urbanitzky.

XII. Band. Die elektrischen Einrichtungen der Eisenbahnen und das Signalwesen. Von L. Kohlfürst.

XIII. Band. Elektrische Uhren und Feuerwehr-Telegraphie. Von Prof. Dr. A. Tobler.

XIV. Band. Haus- und Hôtel-Telegraphie. Von O. Canter.

XV. Band. Die Anwendung der Elektricität für militärische Zwecke. Von Dr. Fr. Waechter.

XVI. Band. Die elektrischen Leitungen und ihre Anlage für alle Zwecke der Praxis. Von J. Zacharias.

XVII. Band. Die elektrisehen Eisenbahnen bezüglich ihres Baues und Betriebes. Von Josef Krämmer.

XVIII. Band. Die Elektrotechnik in der Heilkunde. Von Prof. Dr. Rud. Lewandowski.

XIX. Band. Die Spannungs-Elektricität und ihre technischen Anwendungen. Von Prof. K. W. Zenger. — u. s. w. u. s. w.

Jeder Band ist für sich vollkommen abgeschlossen und einzeln käuflich.

Auch in Lieferungen à 30 Kr. = 60 Pf. = 80 Cts. = 36 Kop. zu beziehen.

A. Hartleben's Verlag in Wien, Pest und Leipzig.

Digitized by Google

Digitized by Google

CABOT SCIENCE LIBRARY

CABOT
JAN 0 6 1998
BOOK DUE

CABOT
JAN 0 8 1998
BOOK DUE

CABOT
FEB 1 8 1998
BOOK DUE

CABOT
APR 1 0 1998
BOOK DUE

DEC 2 1885

Digitized by Google

3 2044 020 364 980

Digitized by Google